



PROYECTO DE INFRAESTRUCTURAS COMÚN DE TELECOMUNICACIONES PARA UNA URBANIZACIÓN EN TAVERNES DE LA VALLDIGNA

Autora: Lorena Martí Chover

Tutor: Pablo Soto Pacheco

Trabajo Fin de Grado presentado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València, para la obtención del Título de Graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación

Curso 2020-21

Valencia, 3 de julio de 2021

RESUMEN

En el presente Trabajo de Final de Grado se detallará una Infraestructura Común de Telecomunicaciones para una urbanización de 30 viviendas y 5 locales comerciales ubicado en Tavernes de la Valldigna. La peculiaridad de esta urbanización es que esta compuesta por 3 bloques, pero cada bloque es diferente, incluso dentro del mismo bloque existen alturas diferentes, además constan de viviendas de una planta y de dos plantas (dúplex). A causa de estas características se dificulta la elaboración del proyecto. El principal objetivo de este Proyecto es diseñar la infraestructura común de telecomunicaciones del edificio, más concretamente, la instalación de la red para ofrecer los servicios básicos de radio, televisión terrestre, satélite, telefonía disponible al público y telecomunicaciones por banda ancha. Este proyecto se realizará cumpliendo las directrices de la normativa vigente.

El proyecto queda dividido en diferentes partes. Por una parte, constará del proyecto oficial que es necesario obedecer a los requisitos que establece la normativa, donde se detallarán todos los cálculos necesarios de la instalación, planos, pliego de condiciones y presupuesto. Por otra parte, contará de la memoria, donde se hará una introducción de los conceptos teóricos básicos con el fin de poder comprender mejor el proyecto, además de un resumen y una explicación detalla de todos los cálculos y decisiones que se han tomado.

RESUM

En el present Treball de Final de Grau es detallarà una Infraestructura Comuna de Telecomunicacions per a una urbanització de 30 habitatges i 5 locals comercials ubicat en Tavernes de la Valldigna. La peculiaritat d'aquesta urbanització és que esta composta per 3 blocs, però cada bloc és diferent, fins i tot dins del mateix bloc existeixen altures diferents, a més l'edificació estarà composta per habitatges simples i dúplexs. A causa d'estes característiques es dificulta l'elaboració del projecte. El principal objectiu d'este Projecte és dissenyar la infraestructura comuna de telecomunicacions de l'edifici, més concretament, la instal·lació de la xarxa per a oferir els serveis bàsics de ràdio, televisió terrestre, satèl·lit, telefonia disponible al públic i telecomunicacions per banda ampla. Este projecte es realitzarà complint les directrius de la normativa vigent.

El projecte queda dividit en diferents parts. D'una banda, constarà del projecte oficial que és necessari obeir als requisits que estableix la normativa, on es detallaran tots els càlculs necessaris de la instal·lació, plans, plec de condicions i pressupost. D'altra banda, comptarà de la memòria, on es farà una introducció dels conceptes teòrics bàsics amb la finalitat de poder comprendre millor el projecte, a més d'un resum i una explicació detalla de tots els càlculs i decisions que s'han pres.

ABSTRACT

In this Final Degree Project, a Common Telecommunications Infrastructure for an urbanization of 30 homes and 5 commercial spaces located in Tavernes de la Valldigna will be detailed. The peculiarity of this urbanization is that it is composed of 3 blocks, but each block is different, even within the same block there are different heights, in addition the building will be composed of simple and duplex apartments. Due to these characteristics, the elaboration of the project is difficult. The main objective of this Project is to design the common telecommunications infrastructure of the building, more specifically, the installation of the network to offer the basic services of radio, terrestrial television, satellite, telephony available to the public and broadband telecommunications. This project will be carried out in compliance with the guidelines of current regulations.

The project is divided into different parts. On the one hand, it will consist of the official project that it is necessary to obey the requirements established by the regulations, where all the necessary calculations of the installation, plans, specifications and budget will be detailed. On the other hand, it will count from the memory, where an introduction of the basic theoretical concepts will be made in order to better understand the project, as well as a summary and a detailed explanation of all the calculations and decisions that have been made.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad Politècnica de Valencia y a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación por darme la oportunidad de formarme y poder crear un futuro con todo lo aprendido en esta etapa.

En segundo lugar, me gustaría agradecerles a todos los profesores que me han inspirado y ayudado durante estos. En especial cariño, a Pablo que me han guiado durante esta etapa final en el proyecto.

A mis compañeros grado y ahora grandes amigos. Por su gran apoyo incondicional, por andar juntos en este viaje, por compartir tantas alegrías, lágrimas, triunfos, momentos difíciles y un sin fin de etcéteras, pero en definitiva por ser mis pilares durante esta montaña rusa.

Por último, pero no por eso menos importante, me gustaría darle las gracias de todo corazón a mi familia, la que ha hecho posible que hoy en día este aquí, por su paciencia y su fe incondicional en mí.

Gracias por esta experiencia, sin duda entre todos me habéis hecho crecer mucho. De una forma u otra todos habéis puesto vuestro granito de arena en mí.

Siempre recordaré con mucho cariño mi paso por la ETSIT!

GRACIAS



Esta página se ha dejado en blanco intencionalmente

ÍNDICE

Índice de ilustraciones.....	7
Índice de Tablas.....	9
Acrónimos.....	10
Definiciones.....	11
1 OBJETIVOS.....	12
2 METODOLOGÍA DEL PROYECTO	13
3 ESTADO DEL ARTE	15
3.1 Funciones de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones.....	16
3.2 Marco Normativo y Ámbito de Aplicación de la Infraestructura Común de Telecomunicaciones	17
3.3 Elementos de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones	18
A. RECINTOS Y CANALIZACIONES	18
3.3.1 Zona exterior del inmueble	19
3.3.2 Zona común del inmueble.....	20
3.3.2.1 Canalización de enlace inferior.....	20
3.3.2.2 Canalización de enlace superior.....	21
3.3.2.3 Recinto de instalaciones de telecomunicaciones.....	22
3.3.2.4 Canalización principal	23
3.3.2.5 Canalización secundaria	24
3.3.3 Zona privada	25
B. Redes de telecomunicación.....	25
3.3.4 Red de alimentación	25
3.3.5 Red de distribución	26
3.3.6 Red de dispersión	27
3.3.7 Red interior de usuario.....	27
3.4 Implantación de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones	28
3.5 Agentes implicados en una Infraestructura Común de Telecomunicaciones.....	31
4 DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	32
5 DISTRIBUCIÓN DE RADIO DIFUSIÓN SONORA Y TELEVISIÓN.....	35
5.1 Previsión de la demanda.....	36
5.2 Dimensionamiento mínimo de la red de alimentación.	36
5.2.1 Radio difusión y Televisión terrestre.....	36
5.2.2 Radio difusión y Televisión Satélite	37
5.3 Dimensionamiento mínimo de la red de distribución.....	37
5.4 Dimensionamiento mínimo de la red de dispersión	38
5.5 Dimensionamiento mínimo de la red de interior del usuario.....	39
5.6 Cálculo de los parámetros básicos de la instalación.....	39
5.6.1 Radio difusión y Televisión terrestre.....	39
5.6.2 Radio difusión y Televisión Satélite	43

5.7	Materiales necesarios para la red de radio difusión sonora y televisión	45
6	ACCESO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE TELEFONÍA DISPONIBLE AL PÚBLICO (STDP) Y DE BANDA ANCHA (TBA)	48
6.1	Tecnologías de acceso basadas en redes de cables pares trenzados	48
6.1.1	Previsión de la demanda.....	49
6.1.2	Dimensionamiento mínimo de la red de alimentación.	50
6.1.3	Dimensionamiento mínimo de la red de distribución.....	51
6.1.4	Dimensionamiento mínimo de la red de dispersión	51
6.1.5	Dimensionamiento mínimo de la red de interior del usuario	52
6.1.6	Cálculo de los parámetros básicos de la instalación.....	53
6.1.7	Materiales necesarios para la red de cables de pares trenzados.....	54
6.2	Tecnologías de acceso basadas en redes de cables coaxiales	56
6.2.1	Previsión de la demanda.....	57
6.2.2	Dimensionamiento mínimo de la red de alimentación.	58
6.2.3	Dimensionamiento mínimo de la red de distribución.....	58
6.2.4	Dimensionamiento mínimo de la red de dispersión	59
6.2.5	Dimensionamiento mínimo de la red de interior del usuario	60
6.2.6	Cálculo de los parámetros básicos de la instalación.....	60
6.2.7	Materiales necesarios para la red de cables coaxiales.....	61
6.3	Tecnologías de acceso basadas en redes de fibra óptica	63
6.3.1	Previsión de la demanda.....	65
6.3.2	Dimensionamiento mínimo de la red de alimentación.	65
6.3.3	Dimensionamiento mínimo de la red de distribución.....	65
6.3.4	Dimensionamiento mínimo de la red de dispersión	67
6.3.5	Dimensionamiento mínimo de la red de interior del usuario	68
6.3.6	Cálculo de los parámetros básicos de la instalación.....	68
6.3.7	Materiales necesarios para la red de cables de Fibra Óptica.....	69
7	CANALIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA DE DISTRIBUCIÓN	71
7.1	Diseño y dimensionamiento.....	71
7.1.1	Arqueta de entrada	71
7.1.2	Canalización externa.....	71
7.1.3	Canalización y Registro de enlace inferior	71
7.1.4	Canalización y Registros de enlace superior	72
7.1.5	Recintos de instalaciones de telecomunicación	72
7.1.6	Registros Principales	73
7.1.7	Canalización principal	74
7.1.8	Registros secundarios.....	75
7.1.9	Canalización secundaria	76
7.1.10	Registros de Paso.....	76
7.1.11	Registros de Terminación de Red	76



7.1.12	Canalización Interior de Usuario.....	76
7.1.13	Registro de Toma.....	77
7.1.14	Ascensores.....	77
8	PRESUPUESTO	78
9	CONCLUSIONES.....	82
10	BIBLIOGRAFÍA	83

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Ejemplo de la acumulación de antenas	15
Ilustración 2: Servicios distribuidos a través de una ICT	16
Ilustración 3: Distribución de una ICT	18
Ilustración 4: División por zonas	18
Ilustración 5: Canalización externa	19
Ilustración 6: Canalizaciones de enlace en una ICT	20
Ilustración 7: Estructura de la canalización de enlace inferior	20
Ilustración 8: Estructura de la canalización de enlace superior	21
Ilustración 9: Localización RITS y RITI en la edificación del proyecto	22
Ilustración 10: Estructura de la canalización principal	23
Ilustración 11: Estructura de la canalización secundaria	24
Ilustración 12: Tipos de redes	25
Ilustración 13: Red de alimentación	26
Ilustración 14: Red de distribución	26
Ilustración 15: Red de dispersión	27
Ilustración 16: Red de interior de usuario	27
Ilustración 17: Procedimiento de una ICT	28
Ilustración 18: Certificación de una ICT	30
Ilustración 19: Distribución general de la edificación	32
Ilustración 20: Foto de la primera emisión de radio	35
Ilustración 21: Red de distribución y dispersión	38
Ilustración 22: Antena FM, DAB, UHF, satélite	45
Ilustración 23: Montaje de vientos y mástil	46
Ilustración 24: Amplificador monocanal	46
Ilustración 25: Mezclador de señal terrestre y satélite	46
Ilustración 26: Cable coaxial para la red de RTV	46
Ilustración 27: Derivador de 2 salidas y de 1 salida	47
Ilustración 28: Repartidos con PAU	47
Ilustración 29: Toma final cables coaxiales	47
Ilustración 30: Funcionamiento del primer teléfono	48
Ilustración 31 Ubicación PAU mas alejado del punto de interconexión	50
Ilustración 32 Red de cables de pares trenzados	52
Ilustración 33 Panel de conexión	54
Ilustración 34 Conector hembra Rj45	54
Ilustración 35 Cable de par trenzado	54
Ilustración 36 Puntos de acceso al usuario	54
Ilustración 37 Multiplexor pasivo de 8 salidas	55
Ilustración 38 Latiguillo de categoría 6A	55
Ilustración 39 Conector macho Rj45	55
Ilustración 40 Bases de acceso a terminal	55
Ilustración 41: Transmisión de las olimpiadas por medio del cable coaxial	56
Ilustración 42 Tipos de Cables Coaxiales de acuerdo al Real Decreto 346/2011	56
Ilustración 43: Iteraciones de prueba	58
Ilustración 44: Red de cables coaxiales	59
Ilustración 45: Conectores F para cables coaxiales	61
Ilustración 46: Cables coaxiales	62
Ilustración 47: Derivador 2 salidas	62
Ilustración 48: Cargas de terminación	62
Ilustración 49: Distribuidores de 2 y 3 salidas	62
Ilustración 50: Toma final cables coaxiales	62
Ilustración 51: Dispositivo óptico para realizar endoscopias	63
Ilustración 52: La fibra óptica se va expandiendo a cada hogar	64
Ilustración 53: Red de fibra óptica	67
Ilustración 54: Panel para Fibra Óptica	69



Ilustración 55: Conectores para fibra Óptica	69
Ilustración 56: Adaptadores SC/APC.....	69
Ilustración 57: Multifibra de 24 y 16 fibras ópticas	69
Ilustración 58: Registro secundario compacto de fibra óptica	70
Ilustración 59: Pau de fibra óptica preconectorizado	70
Ilustración 60: Módulo Keystone para adaptación de tomas de fibra óptica	70
Ilustración 61: Registro Principal Trenzados	73
Ilustración 62: Registro Principal Fibra Óptica	73

Índice de Tablas

Tabla 1: Distribución de la edificación por bloques	32
Tabla 2: Estancias en cada vivienda	33
Tabla 3: Número de estancias en cada vivienda	33
Tabla 4: Distancias en la edificación	34
Tabla 5: Repetidor de la edificación	36
Tabla 6: Diámetro antenas satélite	37
Tabla 7: Dimensionamiento red interior del usuario	39
Tabla 8: Variación Atenuaciones Bloque A	39
Tabla 9: Variación Atenuaciones Bloque B	40
Tabla 10: Variación Atenuaciones Bloque C	40
Tabla 11: Rizado total	40
Tabla 12: Niveles de señal en toma de usuario	42
Tabla 13: Relación señal-ruido en la peor toma.....	42
Tabla 14: Productos de intermodulación	43
Tabla 15: Variación Atenuaciones Bloque A	43
Tabla 16: Variación Atenuaciones Bloque B	43
Tabla 17: Variación Atenuaciones Bloque C	43
Tabla 18: Rizado total	44
Tabla 19: Niveles de señal en toma	45
Tabla 20: Productos de intermodulación	45
Tabla 21: Dimensionamiento de la demanda	50
Tabla 22: Dimensionamiento mínimo de la red de distribución	51
Tabla 23: Dimensionamiento mínimo de la red de interior de usuario	52
Tabla 24: Peor caso de atenuación	53
Tabla 25: Atenuación mínima y máxima	53
Tabla 26: Dimensionamiento de la demanda	58
Tabla 27: Dimensionamiento mínimo de la red interior del usuario.....	60
Tabla 28: Atenuaciones máximas.....	61
Tabla 29: Atenuaciones tomas viviendas	61
Tabla 30: Dimensionamiento de la demanda	65
Tabla 31: Dimensionamiento mínimo de la red de distribución	66
Tabla 32: Distribución cables multifibra	66
Tabla 33: Atenuación Fibra Óptica	68
Tabla 34: Dimensiones arqueta de entrada	71
Tabla 35: Dimensiones canalización externa	71
Tabla 36: Dimensiones Recintos de instalaciones de Telecomunicaciones	72
Tabla 37: Dimensionamiento mínimo Canalización Principal	74
Tabla 38: Dimensionamiento Canalización Principal Vertical	75
Tabla 39: Tipos de Registro de paso	76
Tabla 40: Presupuesto Total.....	78
Tabla 41: Presupuesto de material e instalación	79
Tabla 42: Horas necesarias para la instalación de la ICT.....	80
Tabla 43: Presupuesto total	80

Acrónimos

Acrónimos	Definición
BAT	Bases de Acceso al Terminal
FO	Fibra Óptica
FTP	Foiled twisted pair
ICT	Infraestructura Común de Telecomunicaciones
PAU	Punto de Acceso al Usuario
PI	Punto de Interconexión
RD	Real Decreto
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
RITI	Recinto de Infraestructuras de Telecomunicaciones Inferior
RITM	Recinto de Infraestructuras de Telecomunicaciones Modular
RITS	Recinto de Infraestructuras de Telecomunicaciones Superior
RITU	Recinto de Infraestructuras de Telecomunicaciones Único
RP	Registro de Paso
RS	Registro Secundario
RT	Registro de Toma
RTR	Registro Terminación de Red
RTV	Radio y Televisión
STDP	Servicios de Telecomunicaciones de Telefonía Disponible al Público
TB	Telefonía básica
TBA	Servicios de Telecomunicaciones de Banda Ancha
TFG	Trabajo Final de Grado

Definiciones

Acometida: Instalación que deriva una parte de la energía principal de una red hacia una zona concreta de un edificio, vivienda o aparato.

Canalizaciones: Las canalizaciones son las encargadas de conectar toda la red de distribución, llevan y protegen los cables a lo largo de su recorrido, pueden ser por tubos, galerías o canales.

Infraestructura Común de Telecomunicaciones (ICT): Una ICT es toda aquella instalación necesaria para captar, adaptar y distribuir a las viviendas y locales de cada usuario, las señales de radio, televisión terrestre y satélite, el servicio de telefonía básica y las comunicaciones de banda ancha.

Punto de entrada general: Es el punto por donde accede la canalización externa a la zona común de la edificación.

Punto de acceso al usuario (PAU): Es el elemento en el que comienza la red interior del domicilio del usuario, que permite la delimitación del resto de la instalación. Se instalan en los registros de terminación de red, situados en el interior de las viviendas, locales u oficinas. En caso de avería en la instalación, el PAU permite separar las redes para comprobar si el problema está en la red de usuario o en un lugar anterior.

Punto de distribución: es el lugar donde se produce la unión entre las redes de distribución y de dispersión de la ICT de la edificación. Habitualmente se encuentra situado en el interior de los registros secundarios.

Punto de interconexión o de terminación de red: es el lugar donde se produce la unión entre las redes de alimentación de los distintos operadores de los servicios de telecomunicación con la red de distribución de la ICT de la edificación. Se encuentra situado en el interior de los recintos de instalaciones de telecomunicación.

Toma de usuario (BAT: Base de acceso de terminal): Es el dispositivo que permite la conexión a la red de los equipos de usuario para acceder a los diferentes servicios de telecomunicaciones.

Recintos: Espacio en el que se encuentran los equipos y el sistema principal de Telecomunicaciones que facilita el tendido de cables. Su construcción corresponde al inmueble.

Registro de Terminación de Red (RTR): En estos registros se alojan en los puntos de acceso al usuario (PAU) y tienen como misión conectar las canalizaciones secundarias con las canalizaciones interiores de usuario.

1 OBJETIVOS

El objetivo de este Trabajo Final de Grado (TFG) consiste en dotar a un conjunto de 35 viviendas y 5 locales comerciales, situadas en la población de Tavernes de la Valligna (Valencia), de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones. Para ello se procederá a dotar la edificación del diseño necesario para ofrecer servicios de telefonía, radio FM, televisión digital terrestre, banda ancha y televisión por satélite.

Entre otros objetivos, está el de conocer todos los pasos que hay que realizar para el diseño de una ICT. Además de analizar y estudiar todos los dispositivos que componen una infraestructura de telecomunicaciones y entender las características de casa uno de ellos y estudiar cómo se distribuyen.

Otro objetivo, y uno de los fundamentales para la correcta realización de este proyecto, es entender la nueva legislación y toda la documentación que se necesita para la elaboración de este proyecto. Esto implica conocer los niveles característicos que se piden dentro de una instalación de telecomunicaciones y saber elegir, según los cálculos realizados, la colocación y el dispositivo necesario. Para ello se aplicará la normativa técnica recogida en el Real Decreto (RD) 346/2011 y siguiendo la estructura de proyecto detalla en la Orden Ministerial ITC/1644/2011.

Me gustaría destacar que la edificación no sigue las pautas habituales, consta de grandes desigualdades en cuanto a la altura de cada edificio y en cuanto a la estructura interna, ya que estos planos han sido diseñados por una estudiante de Arquitectura a modo de fomentar su aprendizaje. Gracias a poder colaborar directamente con ella, ha surgido un nuevo objetivo, el enfrentarse a los problemas reales que pueden surgir al tener que colaborar con otra persona en el desarrollo de un proyecto. Ha sido un trabajo de aprendizaje para ambas, en muchas ocasiones los planos que se habían diseñado inicialmente han tenido que ser retocados ya que la arquitecta no había tenido en total consideración los espacios pertinentes para poder desplegar los servicios de la ICT, así como la localización de las tomas.

Por tanto, otro de los objetivos de este Proyecto ha sido el estar en contacto con un arquitecto y poder discutir y considerar las diferentes limitaciones y problemas que pueden surgir durante la implementación de una ICT, ya que nunca podremos realizar un proyecto por libre sin tener en cuenta las necesidades y condiciones de la constructora. Este proyecto ofrece el reto de enfrentarse a una situación real.

2 METODOLOGÍA DEL PROYECTO

En este apartado se presenta la metodología que se ha usado para el desarrollo del presente proyecto.

El proyecto completo se divide en dos partes, la memoria que sigue las pautas determinadas por la ETSIT, y el Anexo, que incluye el proyecto técnico siguiendo las pautas de la normativa. La memoria del proyecto hará referencia y explicará con detalle todos los apartados que se incluyen en el proyecto técnico, dicho de otra forma, es un resumen de este argumentado las decisiones tomadas.

La metodología que se ha seguido para este proyecto sigue la estructura de la memoria preparada en este Trabajo Final de Grado, siendo ésta la que habitualmente se sigue en este tipo de proyectos:

Capítulo 1: Objetivos: En este primer apartado se explicarán los objetivos conseguidos al realizar este proyecto.

Capítulo 2: Metodología del proyecto: Esta sección introduce como se va a dividir el proyecto.

Capítulo 3: Estado del arte: Se presenta una introducción de todos los conceptos básicos de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones para la mejor comprensión del proyecto.

Capítulo 4: Descripción de la edificación: Se presenta la edificación objeto de este proyecto. Se hará un resumen de las características más importantes y de los datos necesarios para el dimensionamiento de una ICT.

Capítulo 5: TVSAT: Distribución de radio fusión sonora y televisión: Se presenta todas las características y dimensionamiento que debe tener la ICT para proporcionar el servicio de radio y televisión al inmueble.

Capítulo 6: Acceso y distribución de los servicios de telecomunicaciones de telefonía disponible al público (STDP) y de banda ancha (TBA): Se presentan las tecnologías de acceso basada en redes de cables de pares trenzados, coaxiales y fibra óptica. Se especifica para cada tecnología cual será el dimensionamiento apropiado, así como los elementos necesarios que la conforman.

Capítulo 7: Canalización e infraestructura de distribución: Se presentan las características y situación de los elementos de la infraestructura, canalizaciones y recintos de telecomunicaciones del inmueble, así como la justificación de estos.

Capítulo 8: Presupuesto: Resumen del presupuesto necesario.

Capítulo 9: Conclusiones: Resumen de las conclusiones que se han sacado al realizar este proyecto, así como posibles mejoras o líneas futuras de desarrollo.

Capítulo 10: Bibliografía: Se enumera toda la bibliografía usada para el desarrollo de este trabajo.

Así mismo, se ha añadido un Anexo con el proyecto técnico que habría que presentar para su certificación.

ANEXO I: Proyecto técnico de infraestructura común de telecomunicaciones. Se divide en 4 bloques principales:

- **Memoria:** En ella se especificarán los siguientes apartados: descripción de la edificación, descripción de los servicios que se incluyen en la infraestructura,



previsiones de demanda, cálculos de niveles de señales de los distintos puntos de la instalación, elementos que componen la infraestructura.

- **Planos:** Se indican los siguientes datos: esquemas de principio de la instalación, tipo, número, características y situación de los elementos de la infraestructura, canalizaciones de telecomunicaciones del inmueble, situación y ordenación de los recintos de instalaciones de telecomunicaciones, otras instalaciones previstas en el inmueble que pudieran interferir o ser interferidas en su funcionamiento con la infraestructura, y detalles de ejecución de puntos singulares, cuando así se requiera por su índole.
- **Pliego de condiciones:** Se determinarán las calidades de los materiales y equipos y condiciones del montaje.
- **Presupuesto:** se especificará el número de unidades y precio de la unidad de cada una de las partes en que puedan descomponerse los trabajos, y deberían quedar definidas las características, modelos, tipos y dimensiones de cada uno de los elementos.

3 ESTADO DEL ARTE

Primero que todo, antes de empezar a entrar en detalles, es necesario dar una primera definición sobre que es una Infraestructura Común de Telecomunicaciones (ICT). Una ICT es toda aquella instalación necesaria para para captar, adaptar y distribuir a las viviendas y locales de cada usuario, las señales de radio, televisión terrestre y satélite, el servicio de telefonía básico y las comunicaciones de banda ancha.

Aunque hoy en día parezca vital e impensable que exista una ICT en nuestros hogares, no fue hasta mediados del siglo XX cuando comenzó el cambio tecnológico que nos ha permitido conocer las comunicaciones como las entendemos hoy en día.

En el gran auge de las comunicaciones disparó la demanda de estos servicios, pero la normativa no estaba lo suficiente actualizada, por lo que los operadores realizaban sus instalaciones hasta la vivienda del usuario como consideraban oportuno. Por este motivo no era complicado visualizar fachadas con diversas antenas para televisión, parabólicas o incluso una gran aglomeración de cableado. Gracias a esta necesidad de control, nacen las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones y su legislación, con el fin de garantizar al usuario el derecho de acceder de forma libre a los diferentes servicios ofertadas por los diversos operadores.



Ilustración 1: Ejemplo de la acumulación de antenas

Es previsible que en los próximos años el sector se expanda al máximo, pues ha llegado el momento en que casi es necesario poseer acceso de banda ancha, móvil, radio o televisión para poder trabajar o estudiar, o incluso para comunicarte. Cada vez son más los países que van diseñando políticas en dicha materia para estimular su desarrollo e implementación. Cuando dejas de tener acceso a alguna de estas tecnologías es algo tragicómico lo que sucede, esta combinación de situaciones, tragedia y comedia se debe a por los que una parte están trabajando a través de la nube, o cuando estás viendo tu serie favorita o llamando por teléfono a alguno de tus familiares. Hoy en día para la mayoría de nosotros no imaginamos un mundo sin poder acceder a alguna de estas tecnologías, y parece que la predisposición del uso de estas es decreciente, incluso ya nuestros mayores han sucumbido a estas tendencias. De aquí la importancia de una buena instalación y como no de una buena legislación que sea capaz de regular y adaptarse a los diferentes avances y cambios tecnológicos (1).

Por tanto, la instalación de Infraestructuras Comunes de Telecomunicación (ICT) es aquella infraestructura que permite el acceso a los servicios de telecomunicaciones. Se crearon con el objetivo que todos los servicios de telecomunicaciones llegarán a todos los usuarios de forma obligatoria, regulada, con garantías técnicas, de calidad, de rapidez, económicas, de información plural, etc. De esta forma se garantiza unificar las ICTs al tener un marco de regulación común.

Además, es muy imprescindible adaptar la normativa a medida que las diferentes tecnologías lo hacen, ya que esta se va renovando y creciendo continuamente. Esta es la única solución para contribuir a su crecimiento, ofrecer la libre competencia entre los operadores y la igualdad de condiciones al usuario final. En este capítulo se presentarán las funciones de una ICT, el marco normativo y ámbito de aplicación de las ICT y los diferentes elementos que la forman.

3.1 Funciones de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones

El uso de las comunicaciones ha llegado a nuestras vidas diarias para quedarse. Gracias al interés en estas tecnologías, cada día se destinan más fondos a su desarrollo y son un foco continuo de superación y avances tecnológicos.

Las infraestructuras comunes de telecomunicación fueron creadas para que todos los servicios llegasen a los usuarios con la mayor calidad posible y unificar las instalaciones en los edificios colectivos de viviendas y oficinas.

Por tanto, una ICT proporciona los siguientes servicios:

- **Servicio de radio y televisión (RTV) Terrestre y Satélite.** La finalidad de este servicio es captar, adaptar y distribuir las señales de radio y televisión que llegan hasta el edificio para que posteriormente estas señales sean interpretadas por los receptores y lleguen al usuario.
- **Servicio de telefonía disponible al público (STDP).** Este servicio proporciona el acceso tanto de telefonía como al de transmisión de datos a través de la red telefónica básica (TB) o la red digital de servicios integrados (RDSI).
- **Servicio de banda ancha.** Este servicio proporciona el acceso de los servicios de telecomunicaciones de banda ancha, como puede ser la televisión, datos, etc. También los servicios de telecomunicaciones por cable (TLCA) y los que son mediante acceso fijo inalámbrico (SAFI).
- **Hogar Digital.** Como novedad del Real Decreto 346/2011 se incluye, pero no de forma obligatoria, las infraestructuras que dan soporte al Hogar Digital.

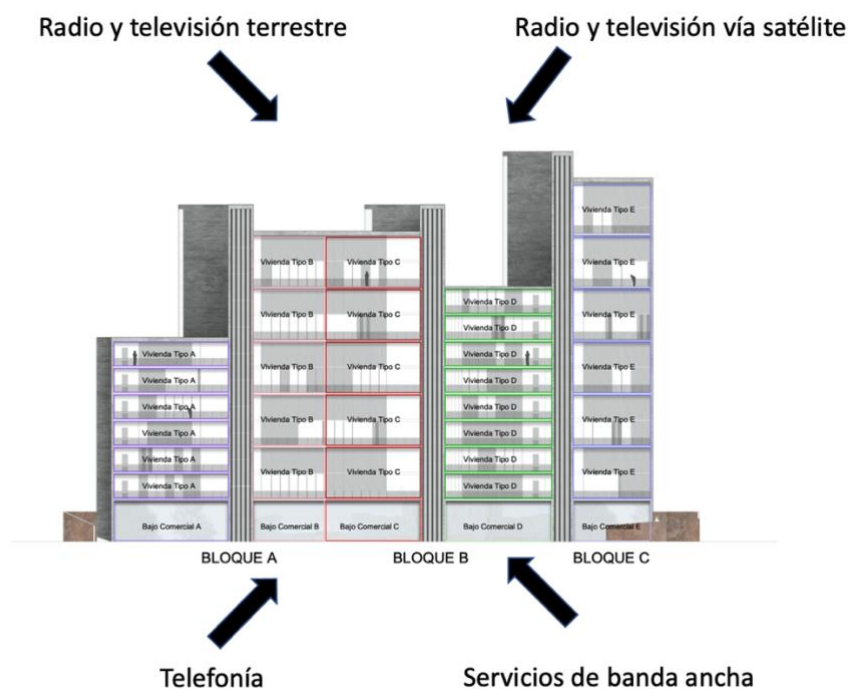


Ilustración 2: Servicios distribuidos a través de una ICT

3.2 Marco Normativo y Ámbito de Aplicación de la Infraestructura Común de Telecomunicaciones

Para la correcta implementación de una ICT, se deben de respetar una serie de normas técnicas que avalan la calidad de estas, además de asegurarse de que se puedan incorporar en un futuro (2) (3). El marco legal que regula las ICT es el siguiente:

- Real Decreto- Ley 1/1998, de 27 de febrero, sobre infraestructuras comunes de los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicación.
- Orden ITC/1077/2006, de 6 de abril, por la que se establece el procedimiento a seguir en las instalaciones colectivas de recepción de televisión en el proceso de adecuación para la recepción de la televisión digital terrestre.
- Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones.
- Orden ITC/1644/2011, de 10 de junio, por el que se desarrolla el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por el Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo.
- Orden ECE/983/2019, de 26 de septiembre, por la que se regulan las características de reacción al fuego de los cables de telecomunicaciones en el interior de las edificaciones, se modifican determinados anexos del Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo y se modifica la Orden ITC/1644/2011, de 10 de junio, por la que se desarrolla dicho reglamento.

El marco normativo de una ICT se debe de aplicar en los siguientes ámbitos:

- En edificios de uso residencial o no, de nueva construcción o no, acogidos o que deban acogerse al Régimen de Propiedad Horizontal (Ley 49/1960). El Real Decreto ley 1/1998 establece que no se concederá autorización para la construcción de nuevos edificios o rehabilitación integral de los existentes si al Proyecto de Edificación no se acompaña el Proyecto Técnico de ICT.
- En edificios, que en todo o en parte, hayan sido o sean objeto de arrendamiento por un plazo superior a 1 año, salvo los que alberguen una sola vivienda.
- En los edificios de viviendas y oficinas ya construidos con anterioridad al Real Decreto ley 1/1998, deben disponer de estas infraestructuras siempre que el número de antenas individuales o colectivas instaladas sea superior a un tercio de las viviendas y locales del edificio cuando lo decida una Comunidad de Propietarios de acuerdo con lo establecido en la ley de Propiedad Horizontal.

3.3 Elementos de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones

En este apartado se desglosará la organización de las redes, canalización y recintos que forman parte de una ICT y que permiten que cada usuario reciba el servicio de telefonía, radio, televisión y de banda ancha de forma ordenada.

A. RECINTOS Y CANALIZACIONES

Para llevar los diferentes servicios de telecomunicaciones a los usuarios, las edificaciones tienen distintos recintos, donde se alojan los diferentes equipos de tratamiento y distribución de las señales.

Para poder conectar los diferentes recintos que necesita una edificación, se necesitan las canalizaciones. Dentro de ellas circularán los cables de las diferentes redes de telecomunicación. Suelen estar compuestos por tubos, galerías o canales.

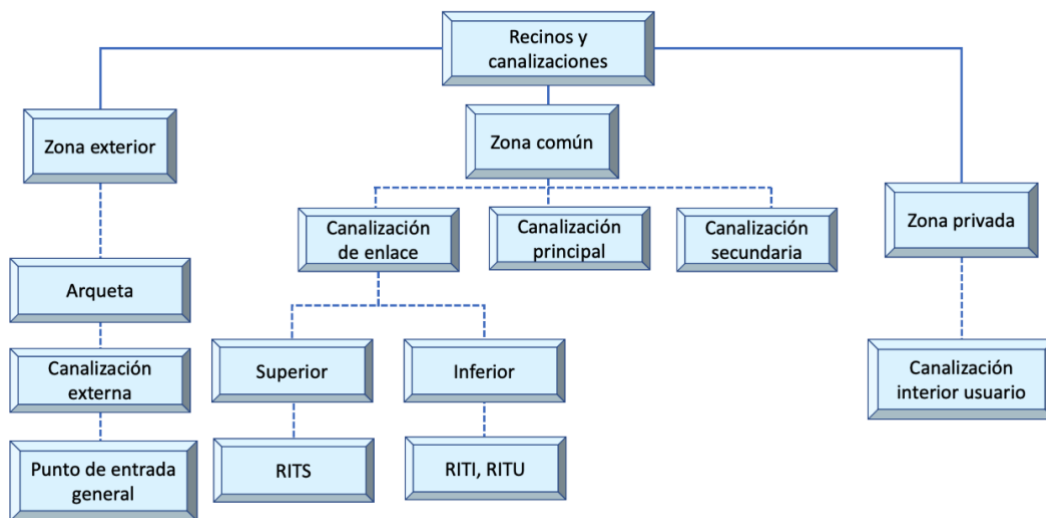


Ilustración 3: Distribución de una ICT

La infraestructura común de telecomunicaciones se puede dividir en tres dominios diferentes, agrupando cada una de ellas las redes de telecomunicaciones y elementos de la infraestructura de canalizaciones y recintos que correspondan. Estos dominios son:

- Zona exterior del inmueble.
- Zona común del inmueble.
- Zona privada del inmueble.

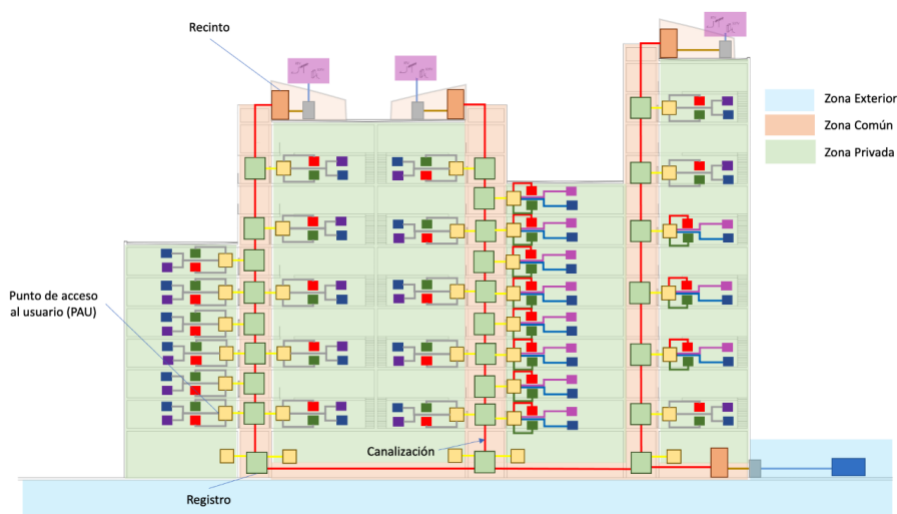


Ilustración 4: División por zonas

3.3.1 Zona exterior del inmueble

Esta zona se considera de dominio público y abarca desde el exterior del inmueble hasta el punto de entrada general del mismo. Es decir, es el conjunto de elementos que se encuentran fuera de la edificación: la arqueta de entrada, la canalización externa y el punto de entrada general.

Esta zona es responsabilidad de los distintos operadores que den servicio al inmueble y es por donde transcurrirá la red de alimentación.

En esta zona se encuentra la arqueta de entrada, canalización exterior y el punto de entrada general.

Arqueta de entrada: Es el recinto que permite establecer la unión entre las redes de alimentación de los servicios de telecomunicación de los distintos operadores y la infraestructura común de telecomunicación de la edificación. Se encuentra en la zona exterior de la edificación y a ella confluyen, en un lado las canalizaciones de los distintos operadores y por otro, la canalización externa de la ICT de la edificación.

Canalización exterior: Está formada por los tubos que van por la zona exterior de la edificación desde la arqueta de entrada hasta el punto de entrada general de la edificación. Por tanto se podría decir que es la que se encarga de introducir las redes de alimentación de los distintos servicios de telecomunicación en la inmueble.

Punto de entrada general: Es el punto por donde accede la canalización externa a la zona común de la edificación.

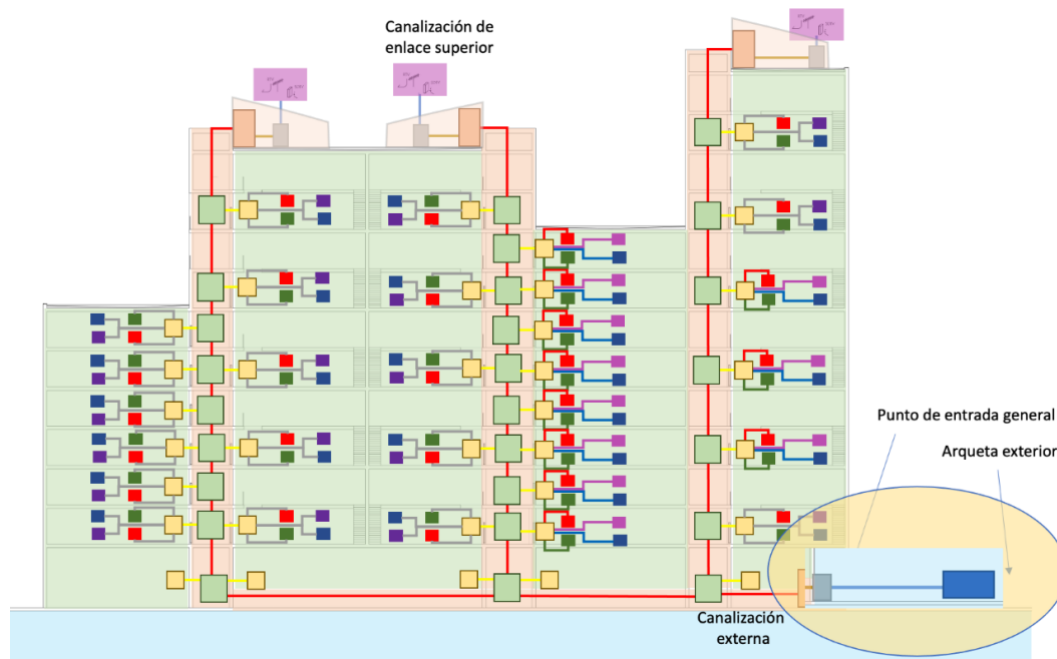


Ilustración 5: Canalización externa

3.3.2 Zona común del inmueble.

Esta zona se considera dominio comunitario y se sitúan en ella todos los elementos de la ICT comprendidos entre el punto de entrada general de la edificación hasta los puntos de acceso al usuario (PAU). Engloba las canalizaciones de enlace, principal, secundaria y los recintos de instalaciones de telecomunicaciones.

Esta zona es responsabilidad de los propietarios del inmueble y es por donde transcurrirá las redes de distribución y dispersión.

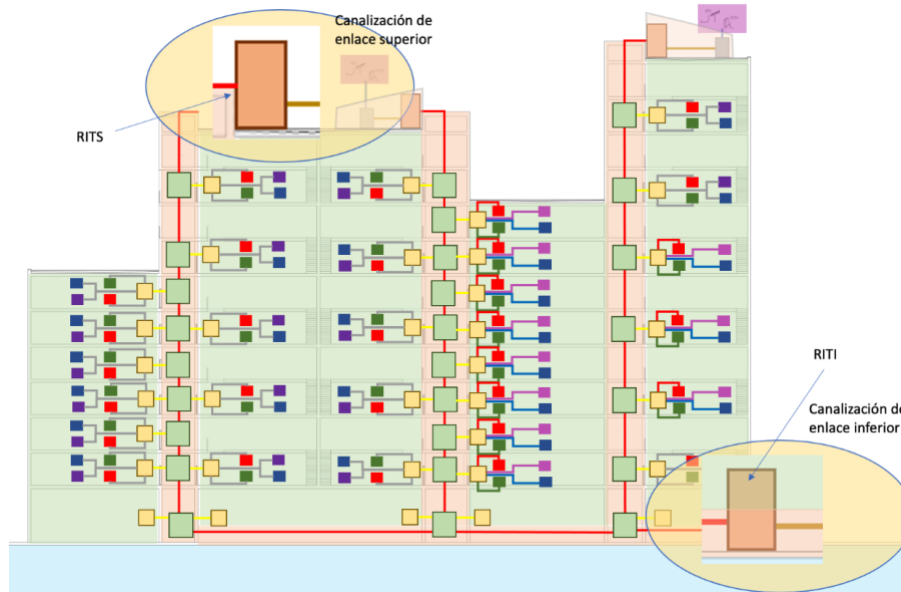


Ilustración 6: Canalizaciones de enlace en una ICT

3.3.2.1 Canalización de enlace inferior.

Una vez dentro de la edificación por la parte inferior, la canalización exterior cambia de nombre y pasa a llamarse canalización de enlace inferior. Por tanto, es la que soporta los cables de la red de alimentación de los servicios de telecomunicación de los distintos operadores desde el punto de entrada general hasta el registro principal ubicado en el Recinto de Instalaciones de Telecomunicaciones Inferior (RITI). Esta construida por los conductos y los registros intermedios que sean precisos.

En la canalización de enlace inferior se encuentran los registros principales (RP). Estos registros son los encargados de alojar los elementos que permiten derivar y distribuir los servicios de telecomunicaciones de cada operador, para su enlace, a través de la red de distribución y dispersión, con casa usuario. Alberga el equipamiento en el PI-PTR.

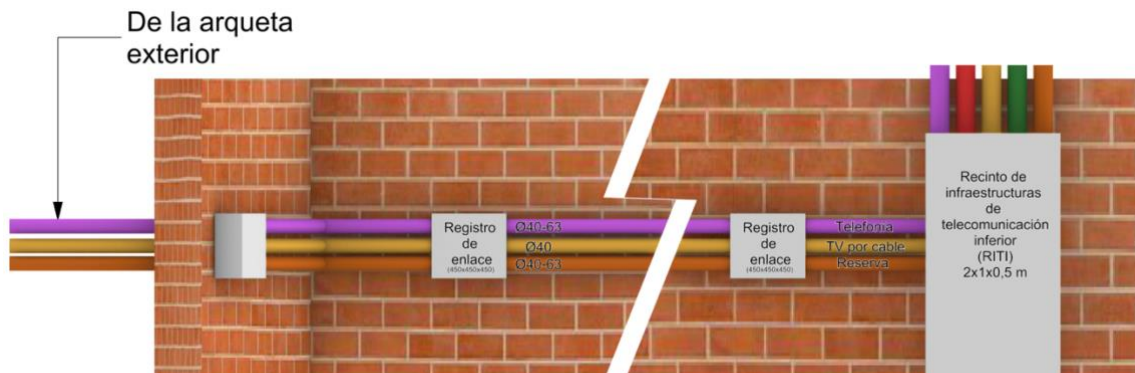


Ilustración 7: Estructura de la canalización de enlace inferior

3.3.2.2 Canalización de enlace superior.

Esta canalización es el mismo concepto que la canalización de enlace inferior, pero para la entrada al inmueble por la parte superior, es decir mediante transmisiones radioeléctricas. Soporta el cableado entre los sistemas de captación y el Recinto de Instalaciones de Telecomunicaciones Superior (RITS) (4).

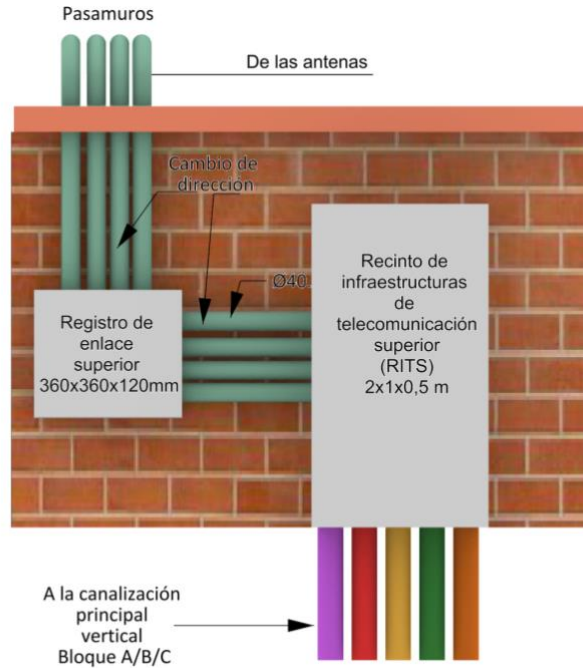


Ilustración 8: Estructura de la canalización de enlace superior

3.3.2.3 Recinto de instalaciones de telecomunicaciones

Las canalizaciones de enlace superior e inferior llegan hasta los recintos de instalaciones de telecomunicaciones. Suelen almacenar el equipo necesario para distribuir y procesar las señales recibidas. Generalmente estarán situados en zonas comunes de la edificación. Existen 4 tipos de recintos:

Recinto de Infraestructuras de Telecomunicaciones Superior (RITS): Es el local o habitáculo donde se instalarán los elementos necesarios para el suministro de los servicios de RTV y, en su caso, elementos de los servicios de acceso inalámbrico (SAI). A este recinto le entra la canalización de enlace superior y le sale la canalización principal. Preferentemente se sitúa en la azotea o cubierta, nunca por debajo de la última planta del inmueble.

Recinto de Infraestructuras de Telecomunicaciones Inferior (RITI): Es el local o habitáculo donde se instalarán los registros principales correspondientes a los distintos operadores de los servicios de telefonía disponible al público y de telecomunicaciones de banda ancha, y los posibles elementos necesarios para el suministro de estos servicios. Asimismo, en este recinto entra la canalización de enlace inferior y arranca la canalización principal de la ICT de la edificación. Preferiblemente estará situado en la parte baja del inmueble, si puede ser a ras de suelo.

Recinto de Infraestructuras de Telecomunicaciones Único (RITU): Se les permite tener un recinto único a las viviendas unifamiliares y conjuntos inmobiliarios de hasta tres alturas y planta baja, con un máximo de diez puntos de acceso al usuario (PAU). Este recinto acumula la funcionalidad del RITI y el RITS.

Recinto de Infraestructuras de Telecomunicaciones Modular (RITM): Se trata de los recintos de instalaciones de telecomunicaciones inferior, superior e único realizados mediante armarios de tipo modular. Estos se realizan para los casos de inmuebles de pisos de hasta cuarenta y cinco puntos de acceso al usuario, y de conjuntos de viviendas unifamiliares de hasta diez puntos de acceso al usuario.

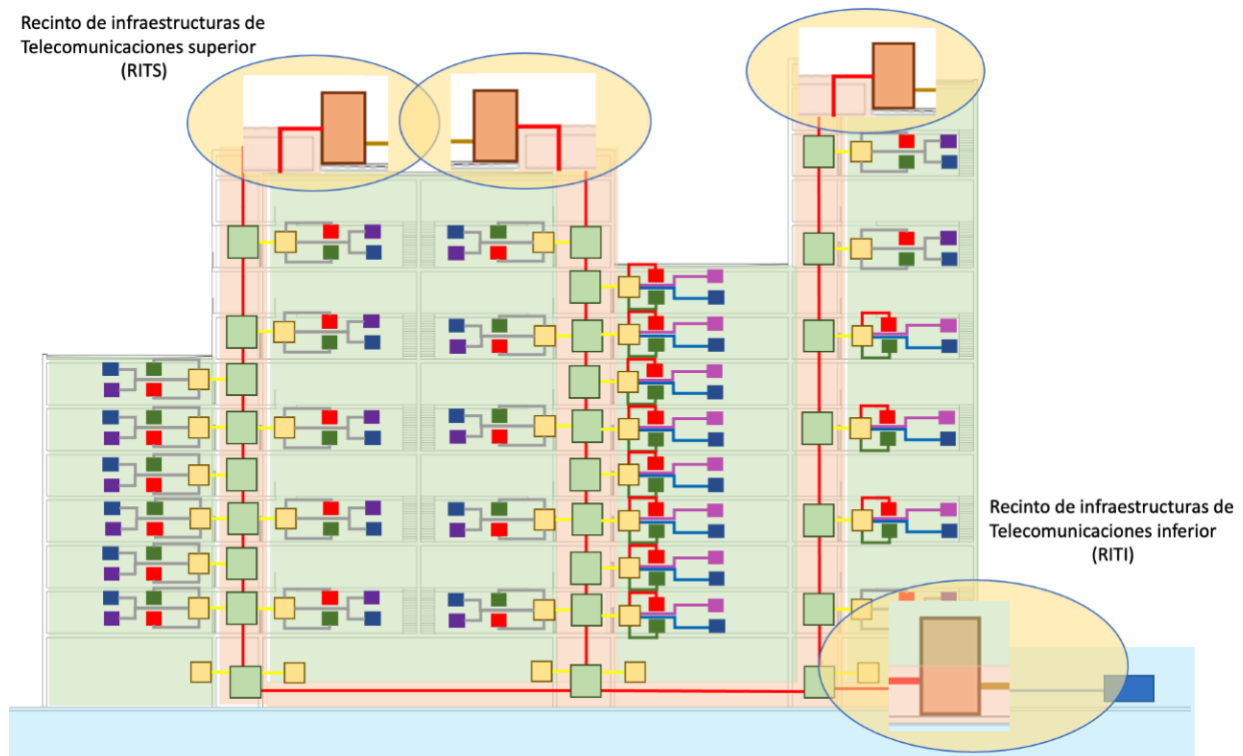


Ilustración 9: Localización RITS y RITI en la edificación del proyecto

3.3.2.4 Canalización principal

La canalización principal es la parte de la instalación encargada de distribuir los servicios de telecomunicaciones que llegan a través de las canalizaciones de enlace a toda la edificación. Además, es la que conecta el RITI con el RITS. Siempre debe de estar instalada en la zona común, generalmente junto al hueco del ascensor o en la escalera del edificio.

Dependiendo de las necesidades de la edificación, puede estar formada por varias canalizaciones principales para poder distribuir el servicio de telecomunicaciones a todas las zonas.

En esta canalización se intercalan los registros secundarios, y cuando es necesarios los registros de cambio de dirección.

Registro Secundario (RS): En este registro se une la red de distribución con la de dispersión conectando la canalización principal con las secundarias. Se encuentran en cada planta y van distribuyendo los servicios de telecomunicaciones.

Registros de cambio de dirección: Son necesarios cuando se quiera seccionar o cambiar la canalización principal de dirección.

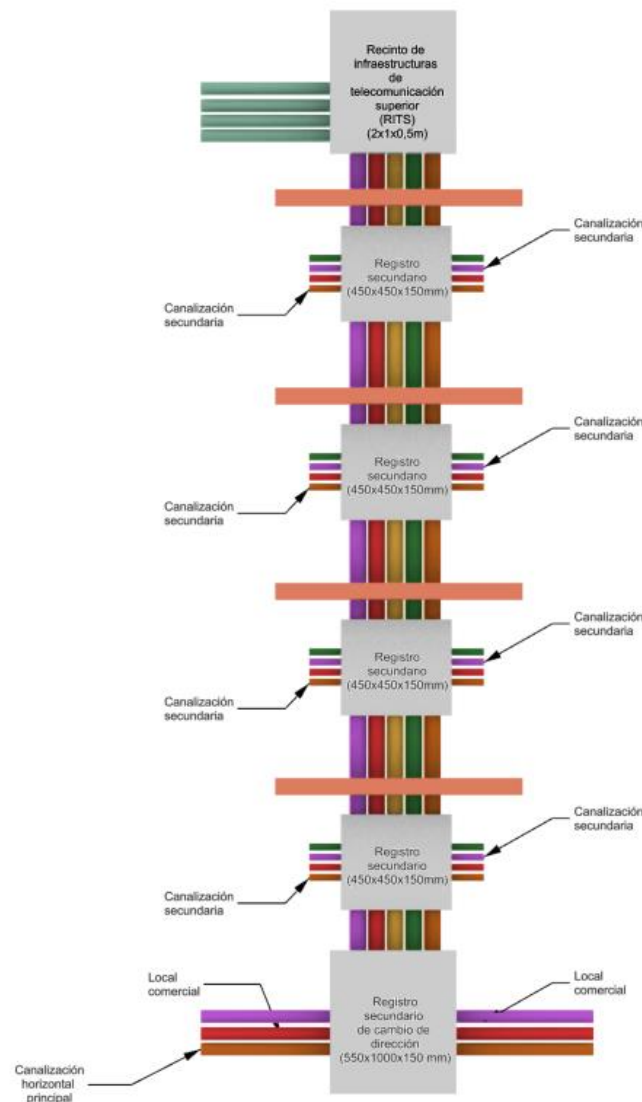


Ilustración 10: Estructura de la canalización principal

3.3.2.5 Canalización secundaria

La canalización secundaria es la que soporta la es de dispersión de la edificación, es decir es la que se expande desde la canalización principal y llega hasta los usuarios. Por tanto, uno los registros secundarios con los registros de terminación de red.

En ella se intercalan los registros de paso, los registros de terminación de red.

Registro de Paso (RP): La misión de este registro es facilitar el tendido de los cables entre los registros secundarios y los registros de terminación de red.

Registro de Terminación de Red (RTR): En estos registros se alojan en los puntos de acceso al usuario (PAU) y tienen como misión conectar las canalizaciones secundarias con las canalizaciones interiores de usuario.

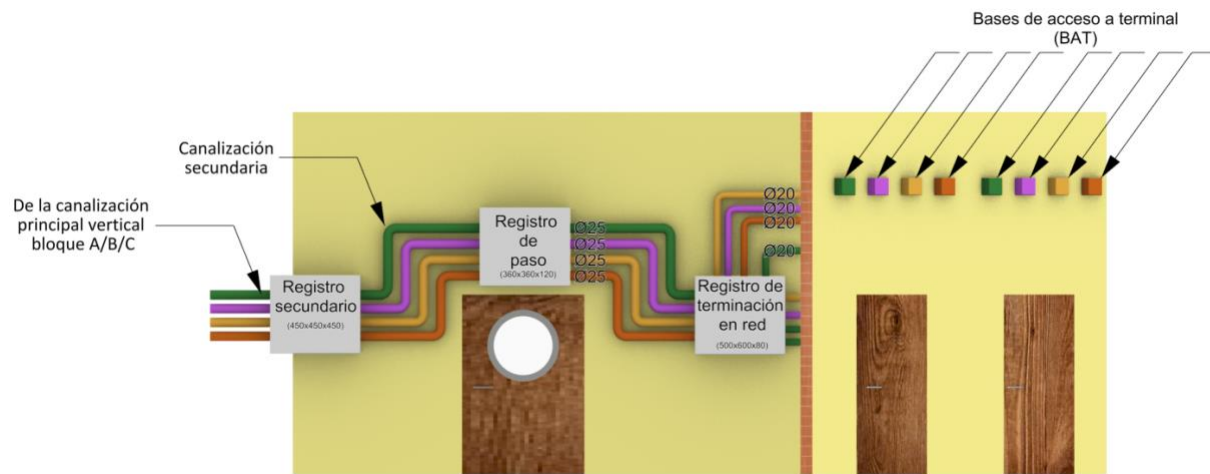


Ilustración 11: Estructura de la canalización secundaria

3.3.3 Zona privada

La zona privada alberga la canalización interior del usuario. Es la encargada de llevar los servicios de telecomunicaciones hasta los usuarios.

En esta zona se encuentran los registros de toma y los puntos de acceso al usuario.

Registro de Toma (RT): En estos registros termina la red y canalización interior del usuario y tienen como misión alojar las Bases de Acceso del Terminal (BAT) o tomas de usuario al que se conectan los equipos de los usuarios.

Punto de acceso al usuario (PAU): En este punto se une la red de dispersión con las redes interiores de usuario. Se sitúa en el interior de cada domicilio y su finalidad es la de elemento frontera y delimita las responsabilidades entre la comunidad de propietarios y el propietario de la vivienda, local u oficina.

B. Redes de telecomunicación

Después de describir las canalizaciones y los registros, se describen los 4 tipos de red que se instalan en su interior. Su función principal es prolongar las señales de los diferentes servicios de telecomunicación desde las redes de los operadores hasta el usuario.

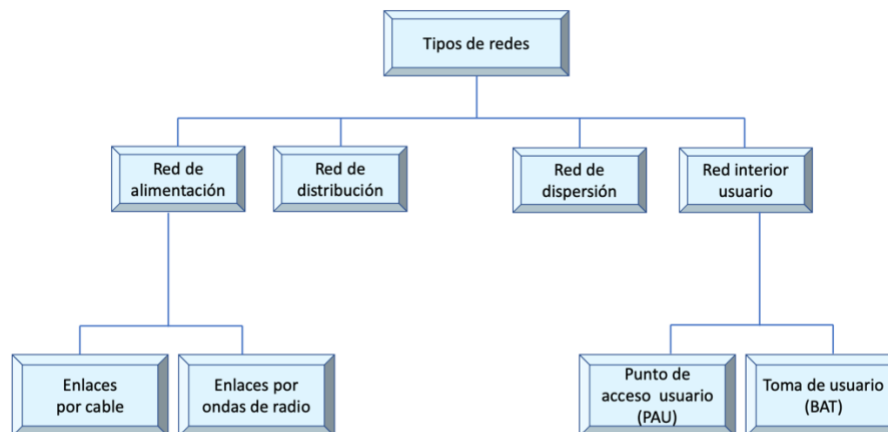


Ilustración 12: Tipos de redes

3.3.4 Red de alimentación

Esta parte de la red es la que permite a los diferentes operadores introducir sus redes de alimentación en la infraestructura común de telecomunicaciones para proporcionar sus servicios a los usuarios. Esta red se monta en las instalaciones de los servicios de telefonía disponible al público (STDP), telecomunicaciones de banda ancha (TBA) y en los servicios de acceso inalámbrico (SAI).

Es responsabilidad de los distintos operadores que den servicio al inmueble.

Existen dos vías de acceso a la red de alimentación según el medio por el que llegan las señales:

- **Enlaces por cable.** En este caso los servicios llegarán por cable, que se introducirán a través de la arqueta de entrada, entrado al interior del inmueble a través de la canalización exterior y conectando con la canalización de enlace, que atravesando los registros de enlace llegarán hasta el recinto de instalaciones de telecomunicaciones inferior (RITI).
- **Enlaces mediante ondas radio.** En este caso los servicios llegarán mediante transmisiones radioeléctricas.

Esta parte de la red estará formada por los elementos de captación, equipos de recepción, procesado de dichas señales y los cables necesarios hasta llegar al recinto de instalaciones de telecomunicaciones superior (RITS).

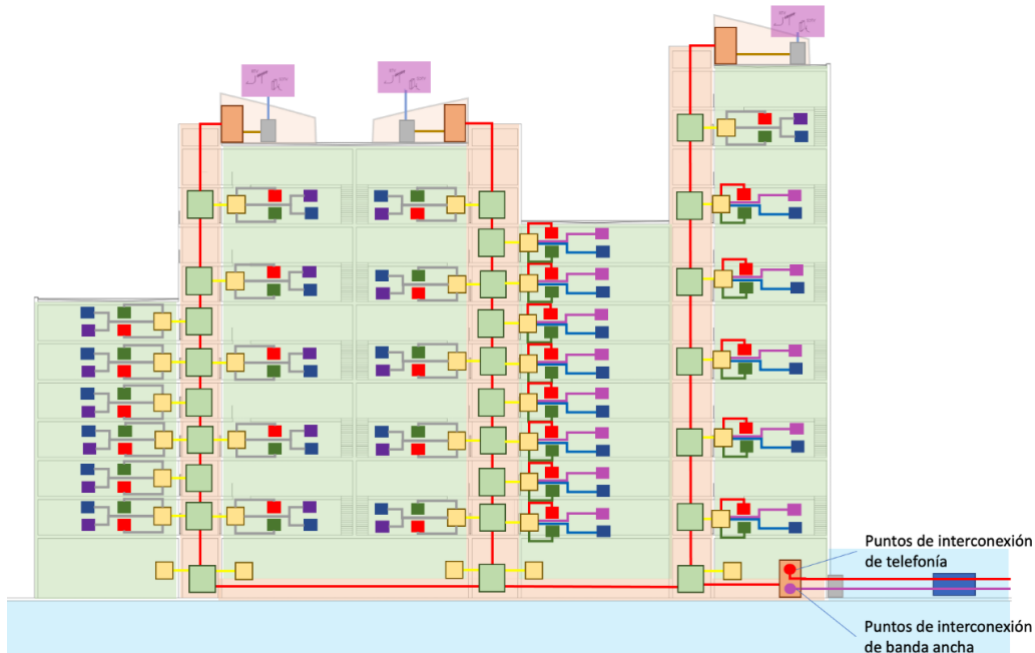


Ilustración 13: Red de alimentación

3.3.5 Red de distribución

Esta parte de la red es la que permite distribuir a cada planta las señales de los diferentes servicios de telecomunicación para conectarlas con la red de dispersión. Está formada por los cables y los elementos que distribuyen los servicios de telecomunicaciones por la canalización principal. Como se puede ver en la Ilustración 14: Red de distribución, dependiendo del servicio, la red de distribución tendrá unas características determinadas. El tendido y el diseño de la red de distribución es responsabilidad de los propietarios.

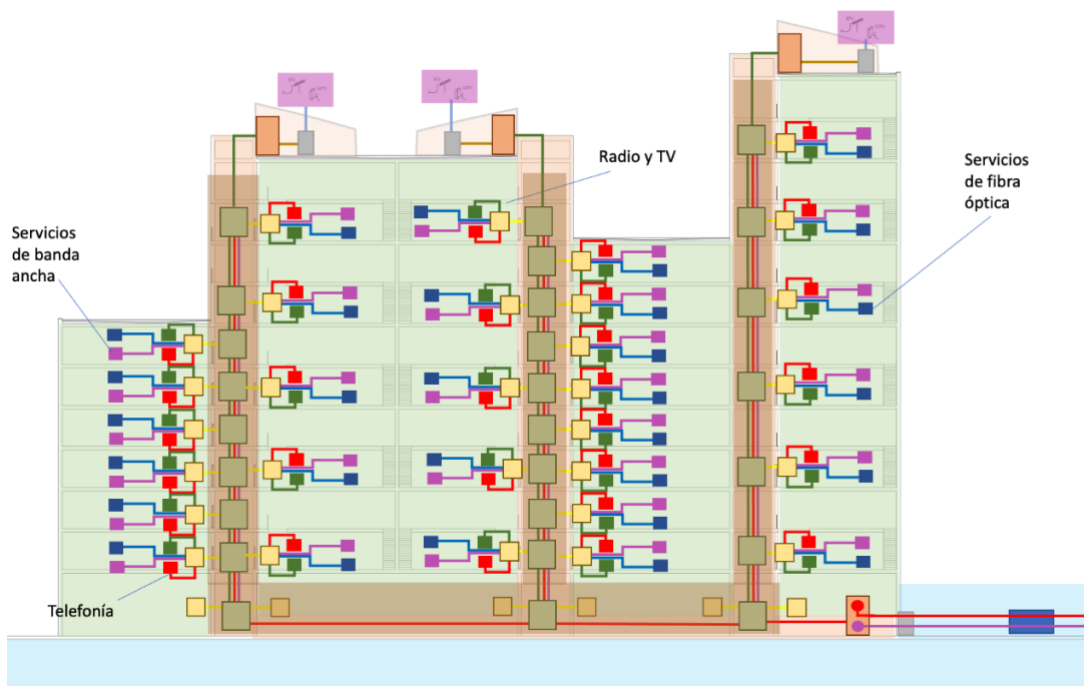


Ilustración 14: Red de distribución

3.3.6 Red de dispersión

Esta parte de la red es la encargada, dentro de cada planta, de llevar las señales de los diferentes servicios hasta el punto de acceso del usuario (PAU) de cada usuario, es decir la que une la red de distribución con la red de interior de usuario. Está compuesta por la canalización secundaria, registros de paso, si los hay, y los registros secundarios.

Hay que tener en cuenta que en algunas redes de telefonía no existen los puntos de distribución en los registros secundarios, es decir el cableado llega directamente desde el registro principal hasta el PAU.

El tendido y el diseño de la red de distribución es responsabilidad de los propietarios.

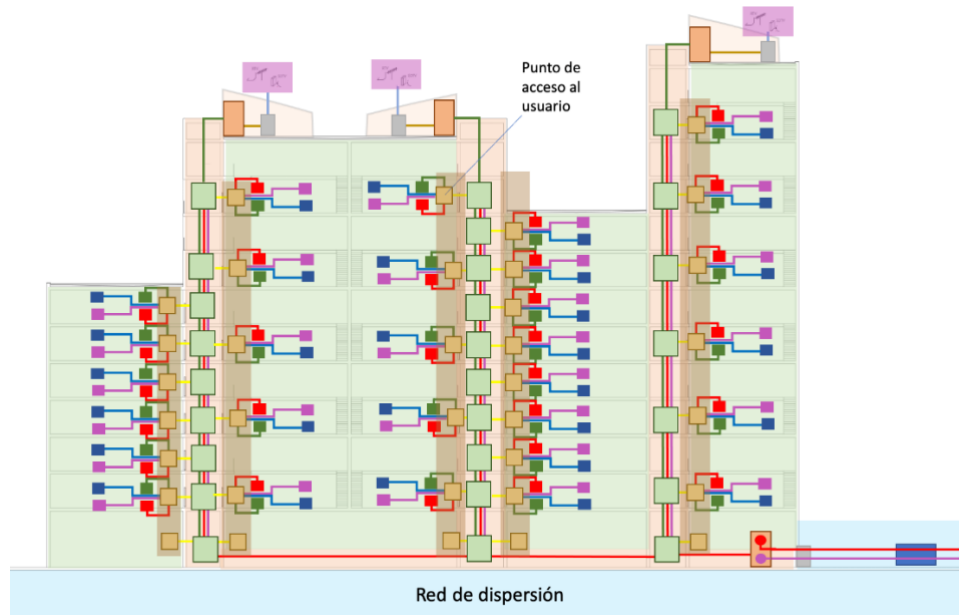


Ilustración 15: Red de dispersión

3.3.7 Red interior de usuario

Estas redes son las encargadas de distribuir las señales de los diferentes servicios de telecomunicaciones en el interior de cada vivienda o local, desde el punto de acceso al usuario (PAU) hasta las diferentes bases de acceso del terminal (BAT).

En caso de posibles averías, esta red es responsabilidad del usuario.

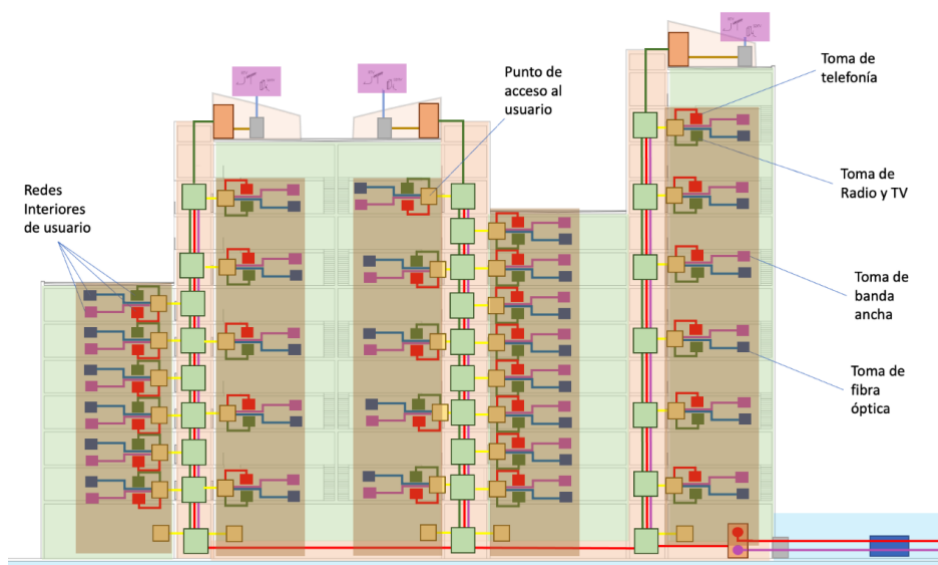


Ilustración 16: Red de interior de usuario

3.4 Implantación de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones

En este apartado se explica el procedimiento a seguir para la implantación de una ICT en un edificio de nueva construcción o que va a ser objeto de una rehabilitación integral (5) (6). En la siguiente imagen se puede observar un resumen de este procedimiento:

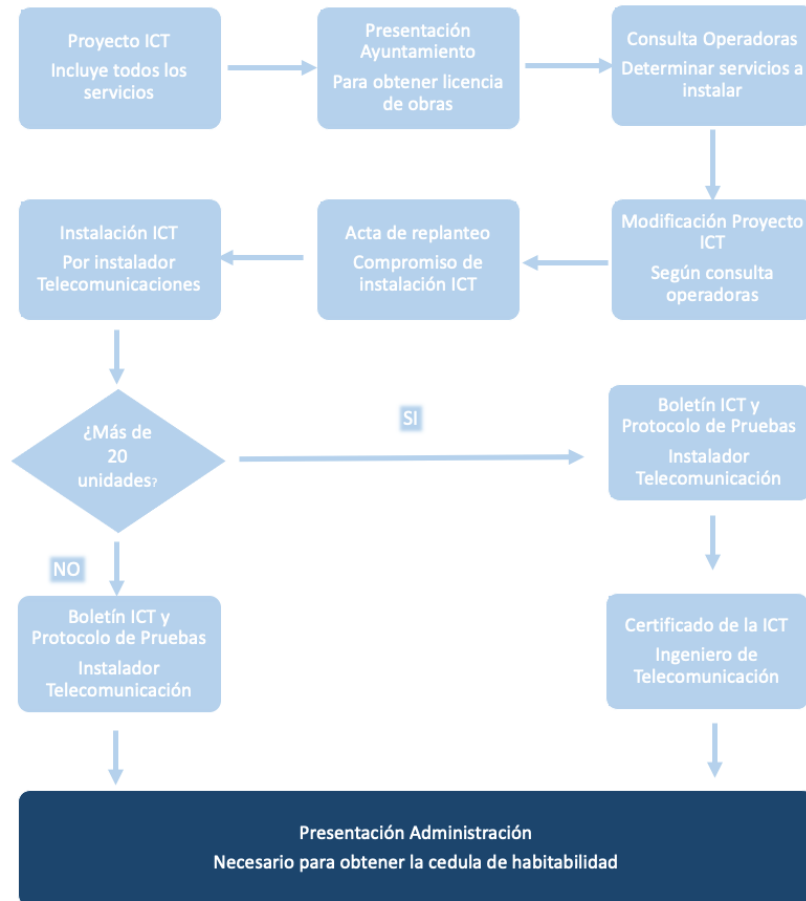


Ilustración 17: Procedimiento de una ICT

A continuación, se detalla más explícitamente todos los pasos a seguir para la implementación de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones:

- 1. Proyecto técnico original:** Elaboración de un proyecto contemplando todas las infraestructuras en el presente Reglamento, y donde se incluya al menos la memoria, planos, pliego de condiciones y presupuesto.
- 2. Verificación del proyecto técnico por una entidad acreditada:** Tras la aprobación del procedimiento de acreditación de las entidades de verificación del proyecto de ICT, serán estas las que comprobarán que el proyecto cumple los requisitos del nuevo reglamento.
- 3. Tramitación telemática del proyecto técnico:** La propiedad o su representante presentará electrónicamente en el registro del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITyC), un ejemplar verificado del proyecto técnico al objeto de que se pueda inspeccionar la instalación, cuando la autoridad competente lo considere oportuno. Otro ejemplar verificado del proyecto se presentará por la propiedad en el Ayuntamiento, para obtener permiso de construcción o rehabilitación integral. Un tercer ejemplar verificado, deberá obrar en poder del titular de la propiedad del edificio o conjunto de edificaciones, a cualquier efecto que proceda.

- 4. Proceso de consulta e intercambio de información entre el proyectista y los diferentes operadores de telecomunicación:** Deberá efectuarse inmediatamente antes del comienzo de las obras de ejecución, haciéndolo coincidir con el proceso de replanteo de la obra. Será tramitado por la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SETSI) electrónicamente.

Primer se envía, de forma electrónica, por parte del proyectista de la ICT una petición de información dirigida a los operadores de despliegue de red en la zona en que está prevista la edificación. Incluirá un fichero con el plano de situación para la arqueta de entrada y los datos del promotor y del proyectista.

La SETSI reenviará, de forma electrónica, la consulta a todos los operadores con red que, adheridos a este proceso, hayan declarado su interés por la zona de dicha edificación.

En un máximo de 30 días naturales, los operadores deberán responder de forma electrónica, incluyendo los datos de una persona de contacto para resolver las posibles dudas del proyectista, así como si lo estima oportuno, un fichero con el plano de la ubicación alterativa de la arqueta de entrada de la ICT.

Finalmente, la SETSI reenviará, electrónicamente, las respuestas de todos los operadores consultados al proyectista.

- 5. Resultado de la consulta e intercambio de la información:** Deberá reflejarse en la correspondiente acta de replanteo, si procede, las respuestas de los operadores, y si estas provocan que se deban realizar modificaciones en el proyecto técnico, las modificaciones oportunas estarán reflejadas en el anexo correspondiente.

En el caso de no recibir una respuesta por parte de los operadores el plazo acordado, el proyecto técnico deberá incorporar tecnologías de acceso basadas en fibra óptica en todas las poblaciones, y tecnologías de acceso basadas en cable coaxial en aquellas poblaciones donde estén presentes los operadores de cable.

- 6. Ejecución del proyecto técnico:** Al iniciar la ejecución, se realizará un acta de replanteo que firmarán su autor y el promotor, y donde figurará una declaración de validez del proyecto original, o el actualizado. Las modificaciones están reflejadas bien como modificación si es cambio sustancial, o bien como anexo al original si los cambios fueran menores o motivados por el resultado de la consulta.

Una copia del acta se presentará por la propiedad o por su representante en el registro electrónico del MITyC, en un máximo de 15 días naturales a partir de su firma.

- 7. Instalación/ ejecución:** Finalizados los trabajos de ejecución la empresa instaladora entregará al titular de la propiedad o a su representante un boletín de instalación, como garantía de que ésta se ajusta al proyecto técnico.

- 8. Protocolo de pruebas y certificación de fin de obra:** Si no hay dirección de obra, será responsabilidad de la empresa instaladora cumplimentar y firmar el protocolo de pruebas. Si hay dirección de obra (ICTs de más de 20 viviendas, ICTs con elementos activos en la red de distribución, ICTs con instalaciones del hogar Digital o ICTs en edificaciones de uso no residencial), será responsabilidad de esta supervisar y entregar al titular el protocolo de pruebas cumplimentado y firmado por la instaladora, así como un certificado de fin de obra.

La propiedad, o su representante presentará de forma electrónica en el MITyC, el boletín de instalación, el protocolo de pruebas y, en su caso, el certificado de fin de obra y anexos al proyecto técnico. Si no se detectasen incumplimientos, la Jefatura Provincial de Inspección de Telecomunicaciones (JPIT) que corresponda devolverá sellada una copia de

la documentación presentada, con excepción de los anexos. La propiedad deberá recibir, conservar y transmitir dichos documentos que, en cualquier caso, pasarán a integrar el Libro del Edificio.

- 9. Manual de usuario:** Finalizada la ejecución, el director de la obra de ICT, si existe, o en su defecto la empresa instaladora entregará a la propiedad una copia de un manual de usuario. El promotor de la edificación entregará, con la vivienda, a cada uno de los propietarios, un ejemplar del manual de usuario.

En resumen, los pasos necesarios para conseguir una certificación de una ICT son:



Ilustración 18: Certificación de una ICT

3.5 Agentes implicados en una Infraestructura Común de Telecomunicaciones

La normativa actual regula la creación del proyecto de ICT y su ejecución por parte de profesionales cualificados y autorizados (7). Los agentes que deben de estar implicados para la ejecución de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones son los siguientes:

- **Promotor:** El promotor responsable de la construcción debe encargar el proyecto de para la instalación de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones. Por tanto, para obtener la licencia de construcción deberá de presentar el proyecto técnico, junto con el proyecto de la edificación. Además, es el encargado de asegurarse que se ejecuta el proyecto de la ICT de acuerdo con el proyecto aprobado y de presentar a la Administración el certificado o boletín de instalación correspondiente, una vez ejecutada la instalación.

- **Ayuntamientos:** Son los encargados de exigir la presentación del proyecto técnico de ICT, junto con el proyecto arquitectónico para conceder la licencia de obras. Por tanto, deben exigir la acreditación de que se ha ejecutado el proyecto técnico, y presentado el certificado o boletín correspondiente, para conceder la licencia de ocupación o cédula de habitabilidad.

- **Ingenieros e Ingenieros Técnicos de Telecomunicación:** Son los encargados de elaborar el proyecto de acuerdo con lo establecido en la normativa. Deben de asegurarse, cuando llevan la dirección de obra, de que la instalación se ejecuta de acuerdo con el proyecto aprobado. Además, en los casos requeridos, deben expedir el certificado que acredita que la instalación se ha ejecutado de acuerdo con el proyecto aprobado.

- **Colegios profesionales:** Realizan el visado de los proyectos y de los certificados y garantizan la calidad de los proyectos y su adecuación a la normativa.

- **Empresas instaladoras:** Son las que suelen ejecutar la instalación de acuerdo con el proyecto aprobado y por tanto los que deben emitir el correspondiente Boletín de Instalación que acredita que la instalación se ha ejecutado de acuerdo con el proyecto aprobado.

4 DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El proyecto de la edificación ha sido realizado por la Arquitecta Neus Altur San Antonio, como un trabajo del Máster de Arquitectura en la Universidad Politécnica de Valencia. Por tanto, este proyecto no existe en la actualidad de la presentación de este trabajo. Y en el caso de que se realizase la construcción esta planeado que se situé en un solar existente entre la Calle del Canal y Calle Blasco Ibañez en la playa de Tavernes de la Vallidigna, Valencia.

La edificación del presente proyecto constará de 30 viviendas y 5 locales comerciales distribuidos en 3 bloques. Hay que destacar que no existirán estancias comunes. En la siguiente tabla se puede ver la distribución de la edificación:

Bloque A	<ul style="list-style-type: none"> • Viviendas tipo A • Viviendas tipo B (viviendas dobles). • 2 Locales comerciales (170 m² y 163 m²)
Bloque B	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Viviendas tipo C (viviendas dobles) • 8 Viviendas tipo D • 2 Locales comerciales (187 m² y 185 m²)
Bloque C	<ul style="list-style-type: none"> • 6 Viviendas tipo E (viviendas dobles) • Local comercial (130 m²)

Tabla 1: Distribución de la edificación por bloques

A continuación, se muestra un esquema general de la edificación para poder comprender mejor la distribución que tendrá:

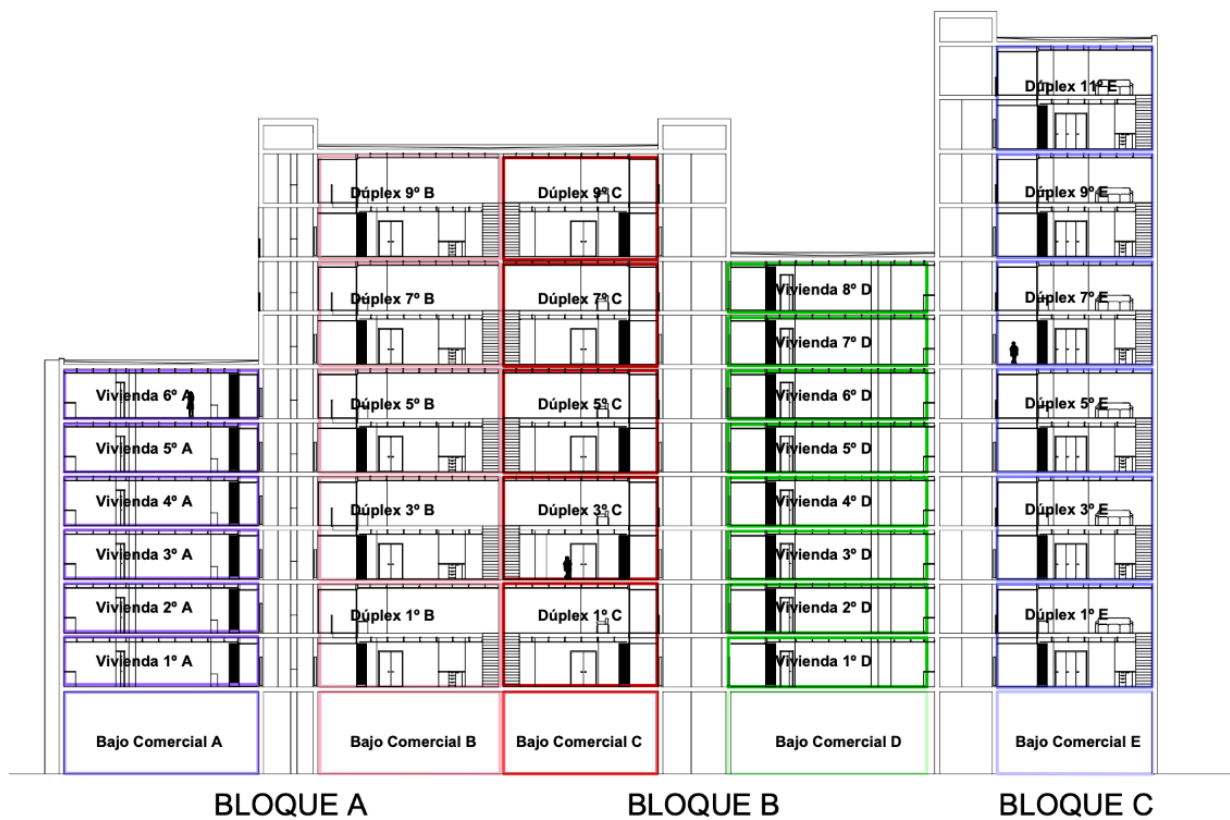


Ilustración 19: Distribución general de la edificación

Como se puede ver cada bloque es diferente, incluso entre ellos existe una desigualdad tanto al tipo de planta como la altura máxima.

A continuación, se identifican las estancias que tiene cada vivienda tipo.

Vivienda Tipo A	Salón-Cocina	Dormitorio 2	Trastero	2 baños
	Dormitorio 1	Dormitorio 3	Terraza	1 aseo
Vivienda Tipo B (Dúplex)	Salón-Cocina	Dormitorio 2	Terraza	Despacho
	Dormitorio 1	Dormitorio 3	Salita	3 baños
Vivienda Tipo C (Dúplex)	Salón-Cocina	Dormitorio 2	Terraza	Despacho
	Dormitorio 1	Dormitorio 3	Salita	3 baños
Vivienda Tipo D	Salón-Cocina	Dormitorio 2	Terraza	1 aseo
	Dormitorio 1	Despacho	2 baños	
Vivienda Tipo E (Dúplex)	Salón-Cocina	Dormitorio 2	Terraza	Despacho
	Dormitorio 1	Dormitorio 3	Salita	3 baños

Tabla 2: Estancias en cada vivienda

Para el dimensionamiento de este proyecto se va a excluir los baños, aseos y trasteros. Y aunque las viviendas tengan un solo espacio abierto para el salón y la cocina, se considerara esta estancia como dos estancias independientes, para el dimensionamiento y el despliegue de los diferentes servicios de una ICT, ya que se trata de viviendas muy grandes y se quiere considerar que esta edificación dispone de viviendas lujosas. Y por este mismo motivo, todas las viviendas disponen de unas terrazas de entre 40-50 m² con techo cubierto, así que también se van a considerar este espacio como una estancia.

Por tanto, para el dimensionamiento de este proyecto el número de estancias que se van a tener en consideración en cada vivienda tipo son:

Vivienda	Número de estancias
Vivienda Tipo A	6
Vivienda Tipo B (Dúplex)	8
Vivienda Tipo C (Dúplex)	8
Vivienda Tipo D	6
Vivienda Tipo E (Dúplex)	8
Vivienda Tipo E (Dúplex)	8

Tabla 3: Número de estancias en cada vivienda

A continuación, se van a presentas las dimensiones y distancias que existen en la edificación y que son las que se considerarán para el desarrollo de este proyecto que se especificará en los siguientes apartados.

- Distancia entre el Bloque A-Bloque B:
- Distancia entre el Bloque B-Bloque C:
- Altura de los locales comerciales: 5.2 metros
- Altura de una vivienda: 3 metros
- Altura de na vivienda dúplex :6 metros

Para el cálculo de las distancias, hay que tener en cuenta que los Registros Secundarios (RS) estarán situados a 1.5 metros desde el suelo en cada planta. También hay que tener en cuenta que en una misma estancia depende del servicio las tomas pueden situarse en una localización diferente y por tanto tener la misma distancia o no.

Teniendo esto en cuenta, a continuación, se presentan las distancias que existen en cada una de las viviendas tipo y local comercial:

Bloque A	Bajo Comercial A	RS-PAU: 11m	
	Vivienda A	RS-PAU: 14m	PAU-BAT Dormitorio 1: 10 o 13m
		PAU-BAT Cocina: 12m	PAU-BAT Dormitorio 2: 8 o 10m
		PAU-BAT Sal3n: 7m	PAU-BAT Dormitorio 3: 8 o 10m
Bajo Comercial B	RS-PAU: 14m		
Vivienda B	RS-PAU: 17m	PAU-BAT Despacho: 10 o 11m	
	PAU-BAT Cocina: 8m	PAU-BAT Dormitorio 1: 11 o 12m	
	PAU-BAT Sal3n: 6m	PAU-BAT Dormitorio 2: 13 o 13m	
	PAU-BAT Terraza: 10m	PAU-BAT Dormitorio 3: 13 o 14	
	Toma Configurable 1: 6m	PAU-BAT Salita: 10 o 11m	
	Toma Configurable 2: 9m		
Bloque B	Bajo Comercial C	RS-PAU: 14m	
	Vivienda C	RS-PAU: 13m	PAU-BAT Despacho: 10 o 11m
		PAU-BAT Cocina: 7m	PAU-BAT Dormitorio 1: 11 o 12m
		PAU-BAT Sal3n: 5m	PAU-BAT Dormitorio 2: 14 o 14m
PAU-BAT Terraza: 13m		PAU-BAT Dormitorio 3: 13 o 14	
Toma Configurable 1: 6m		PAU-BAT Salita: 10 o 11m	
Toma Configurable 2: 9m			
Bajo Comercial D	RS-PAU: 12m		
Vivienda D	RS-PAU: 15m	PAU-BAT Despacho: 12 o 14m	
	PAU-BAT Cocina: 5m	PAU-BAT Dormitorio 1: 10 o 11m	
	PAU-BAT Sal3n: 5m	PAU-BAT Dormitorio 2: 10 o 12m	
	PAU-BAT Terraza: 13m	Toma Configurable: 6m	
Bloque C	Bajo Comercial E	RS-PAU: 10m	
	Vivienda E	RS-PAU: 13m	PAU-BAT Despacho: 11 o 12m
		PAU-BAT Cocina: 7m	PAU-BAT Dormitorio 1: 14 o 14m
PAU-BAT Sal3n: 5m		PAU-BAT Dormitorio 2: 14 o 14m	
PAU-BAT Terraza: 11m		PAU-BAT Dormitorio 3: 13 o 14	
Toma Configurable 1: 6m		PAU-BAT Salita: 10 m	
Toma Configurable 2: 9m			

Tabla 4: Distancias en la edificaci3n

5 DISTRIBUCIÓN DE RADIO DIFUSIÓN SONORA Y TELEVISIÓN

A continuación, se explicarán las características que tiene la distribución de radio difusión sonora y televisión en este proyecto. La finalidad de esta red de distribución es dar servicio de radio y de televisión tanto provenientes de señales terrestres como satélites, a los diferentes propietarios del inmueble.

Las primeras emisiones informativas de carácter regular en la radio se datan en 1920 en Estados Unidos. En 1922 surge en Londres la BBC. En España las primeras emisoras fueron radio Ibérica y Unión radio Madrid.



Ilustración 20: Foto de la primera emisión de radio

En televisión la primera experiencia relevante fue el reportaje de la CBS en Nueva York a través de la emisora WCBW tras el bombardeo de Pearl Harbor, fue un auténtico hito porque se usaron fotos, mapas gráficos y efectos de montaje.

En 1948 la BBC puso en marcha su primer telediario con un horario habitual. Este momento histórico conlleva a que otras cadenas hicieran lo mismo. Se basaba en un formato en el que presentador daba paso a imágenes cinematográficas y realizaba comentarios.

En España, los primeros comienzos del telediario que conocemos hoy en día fueron en 1957. En ese momento el procedimiento era que los locutores leyeran las noticias que iban llegando, muchas de ellas eran los textos de las noticias que se habían publicado en las radios nacionales (8).

Uno de los grandes hitos en la televisión, fue en los años 70, cuando se consiguió la retransmisión del servicio de televisión en color. A partir de aquí, el servicio fue mejorando y se iba perfeccionando con ofreciendo una amplia programación (9).

En los años 80, el gran acontecimiento fue la aparición del servicio de televisión y radio satélite.

En los años 90, empezó la globalización televisiva. Se recibían las señales y canales de televisión y radio de todo el mundo. Esto marco un antes y después en la sociedad, ya que implicó tener acceso a diferentes acontecimientos mundiales, culturas, etc.

Es decir, a principios del siglo XXI, el servicio de televisión y radio era completamente analógico, es decir el servicio llegaba a los usuarios a través de ondas de radio en las bandas UHF y VHF.

Más tarde, se empezaron a instalar las instalaciones de estos servicios por cable. Esto inicio lo que actualmente son las ICT. Además, el uso de cable permitió mejorar las interfaces del servicio y por tanto los usuarios podrían disfrutar de un servicio de más calidad.

Por último, y llegando a los servicios actuales de radio y televisión, aparecieron las señales digitales. Estas permitían crear redes más robustas, de más calidad y sin interferencias. También fue el inicio de a gran variedad de canales de los que disponemos hoy en día (10).

Poco a poco los servicios de televisión y radio se fueron instalando en todos los hogares como un medio de comunicación y entretenimiento. Actualmente forma parte de actos cotidianos el encender la TV para ver las noticias, series, películas, programas, etc. o la radio como fuente de entretenimiento, por ejemplo, en los desplazamientos en coche.

Gracias a esto, ha repercutido en el mejoramiento del servicio y por eso cada día hay más oferta de este servicio y contenido a la carta, dejando atrás los horarios fijos de los programas que se visualizaban.

5.1 Previsión de la demanda

Tras realizar varias formas posibles de como realizar una distribución conjunta para toda la edificación, se encontraron varias problemáticas, la principal es las grandes distancias que existen entre las viviendas, es decir el peor enemigo para este diseño fue la distancia. Y esto implicaba el uso excesivo de amplificadores, así que se ha preferido usar su uso y buscar una alternativa más sólida, aunque también será más costosa.

Así que tras varias iteraciones se ha decidido que la mejor forma para realizar la distribución de RTV en la edificación es que cada bloque tenga su propia distribución independiente.

De esta forma, con el diseño elegido se garantizará unos niveles de señales terrestres y satélites comprendidos dentro del RD 346/2011.

5.2 Dimensionamiento mínimo de la red de alimentación.

5.2.1 Radio difusión y Televisión terrestre

Uno de los primeros pasos a seguir fue conocer cuales son las señales de radio difusión sonora y televisión terrestre que se recibirán en la edificación.

El repetidor más cercano a la edificación se encuentra entre Xeresa y Gandía, concretamente en la cima de la Sierra de Mondúver. La distancia aproximada entre el repetidor y la edificación es de 13 km.

	Latitud	Longitud
Repetidor Mondúver	39° 00' 33" N	0° 15' 59,74" O

Tabla 5: Repetidor de la edificación

De este modo ya se pudo elegir que antenas eran las adecuadas para la recepción de las señales de los servicios de radiodifusión terrestre. Estas se instalarán en la azotea de cada bloque.

Es importante considerar que las antenas se sitúen a una altura tal que aseguren a una correcta recepción de las señales de radio difusión y televisiones terrenales, evitando posibles sombras procedentes de las viviendas.

El entorno de la edificación es perfecto por diferentes razones. Una de ellas es por ser la edificación más alta de la zona ya que alrededor de la edificación hay chalets y un parque, por tanto, no hay zonas de sombra, ni posibilidad de tenerla. Por otra parte, la edificación tendrá visibilidad directa hacia el repetidor desde los tres bloques.

Así que siguiendo lo establecido por el RD 346/2011 (11), las antenas se situarán en el mástil separadas entre sí 1 metro de distancia. Se colocará en la parte superior la antena UHF, a continuación la antena DAB y en la parte inferior la antena FM.

Además, teniendo en cuenta que el sistema portante estará situado a más de 20 metros del suelo en los tres bloques, habrá que tener en cuenta velocidades de viento de 150 km/h. Y por este motivo el mástil deberá de estar sujeto por un montaje de vientos que será capaz de soportar 510 Newtons. Se montará por encima de la antena FM.

Y por ultimo se analizará y establecerá el plan de frecuencias que soportará la instalación.

5.2.2 Radio difusión y Televisión Satélite

Para la captación de radio difusión y televisión satélite se necesitará una antena parabólica para la recepción de las señales Hispasat y otra para las señales Astra.

El primer paso es saber la orientación que debe de tener cada una para la correcta recepción de la señal. La orientación que deben de tener las antenas es:

- HISPASAT(1C/1D/1E): Acimut: 222,53° Elevación: 35,2°.
- ASTRA (1C): Acimut: 183,17° Elevación: 44,794°.

Para la fijación de las antenas parabólicas se construirán dos zapatas en cada bloque, cuyas dimensiones serán definidas por un arquitecto, y teniendo en cuenta de que las antenas estarán situadas a más de 20 metros del suelo y por tanto la fijación debe de estar preparada para vientos de 150 Km/hora.

Para saber que tipo de antenas se necesitan, es necesario calcular el diámetro mínimo necesario que deben de tener. Para obtener el resultado se seguirán las siguientes expresiones:

$$d(m) = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{G}{\eta}}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$G_{min}(dB) = \frac{C}{N}(dB) - PIRE(dBW) - 20 \log\left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right) + 10 \log(ktB) + A(dB)$$

$$T = T_a + T_o(F_{sis} - 1)$$

$$k \text{ es la constant de Boltzman, } k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{W}{Hz} \cdot K$$

A se debe a la atenuación debida a las condiciones atmosféricas, A = 1,8 dB

D es la distancia hasta el satélite

Los resultados obtenidos es que es necesario que las antenas tengan un diámetro mínimo de:

Antena para HISASAT	Antena para ASTRA
0.69 m	0.85 m

Tabla 6: Diámetro antenas satélite

5.3 Dimensionamiento mínimo de la red de distribución

Siguiendo lo establecido en el Anexo I del Real Decreto 346/2011, las redes de distribución y dispersión se instalarán por duplicado garantizando así la llegada de dos cables coaxiales al PAU. Habrá un diseño independiente para cada bloque, es decir habrá tres. De este modo la

red de distribución de cada bloque se realiza en árbol-rama procurando el mayor equilibrio posible en toda la banda de 5-2150 MHz.

La red de distribución de cada bloque comienza a la salida del repartidor/mezclador de señales terrestres y de satélite y finaliza en los derivadores de la planta baja donde se encuentran los locales comerciales. En ella se intercalan diferentes derivadores.

5.4 Dimensionamiento mínimo de la red de dispersión

Las redes de dispersión comienzan en los derivadores de cada planta y terminan en los PAU de cada vivienda y local. Par llegar al diseño final se tuvieron que realizar varias iteraciones y planteamientos diferentes en el diseño.

Al principio se buscaba que fuera un diseño común para los 3 bloques, pero las distancias de esta edificación son extensas, así que para poder realizar este diseño se necesitaba el uso de al menos 5 amplificadores.

Así que se planteo de realizar el proyecto con dos cabeceras comunes en toda la edificación, pero continuaba pasando lo mismo para poder cumplir con lo establecido en el RD 346/2011, se necesitaba el uso de amplificadores.

Así que finalmente se decidió hacer un diseño independiente para cada bloque. Hasta llegar al diseño final, se plantearon varias opciones de derivadores, el uso de derivadores de 4 salidas que abastecieran a varias plantas, varios cables posibles, etc. Así que, tras probar varias alternativas, se decidió que el mejor diseño para esta edificación era el siguiente:

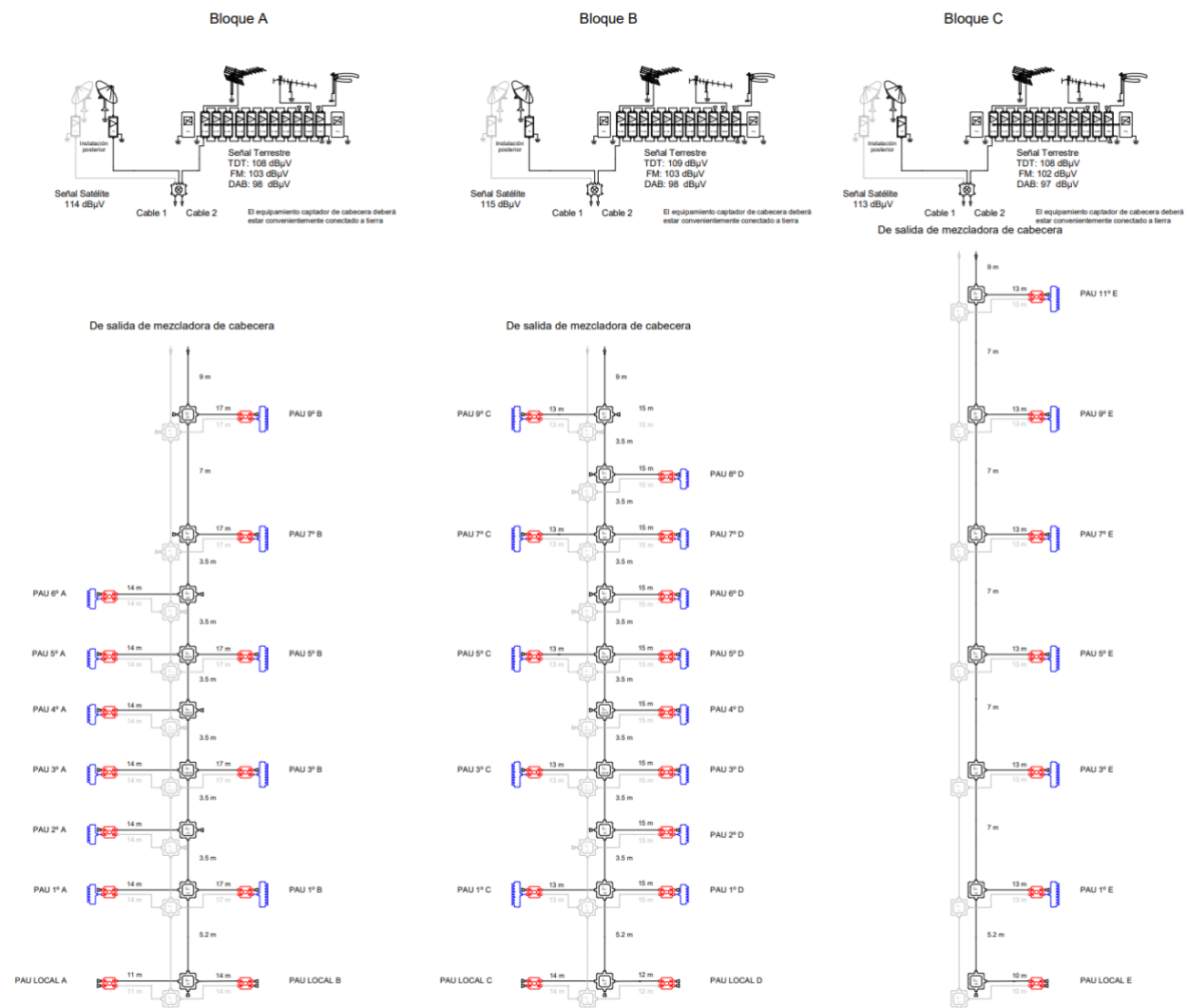


Ilustración 21: Red de distribución y dispersión

5.5 Dimensionamiento mínimo de la red de interior del usuario

Por último, se realizará el dimensionamiento necesario para cada vivienda y local comercial siguiendo las indicaciones del RD 346/2011 (11).

RADIO DIFUSIÓN SONORA Y TELEVISIÓN			
VIVIENDAS			1 Toma / estancia (1) mínimo 2.
LOCALES U OFICINAS	Edificación Mixta con viviendas y locales comerciales u oficinas	Distribución definida	Dependerá de la superficie o división interior
		Distribución no definida	No se instalará red de interior de usuario
ESTANCIAS COMUNES DE LA EDIFICACIÓN			1 Toma / estancia excluyendo aquellas que no requieran los servicios de RTV

Tabla 7: Dimensionamiento red interior del usuario

(1) : Excluidos baños y trasteros

La edificación de este proyecto se considera lujosa y por eso requiere equipar a las viviendas con las mejores prestaciones. Así que se considerará la cocina-salón como dos estancias independientes y la terraza como otra estancia, ya que está cubierta y tiene un gran tamaño.

Por tanto, habrá 6 tomas en las viviendas simples (Tipo A y D) y 8 en las viviendas dobles (Tipo B, C y E).

En los locales comerciales no se instalarán tomas al no estar definida la distribución interior en estancias siendo responsabilidad de la propiedad el diseño y dimensionamiento, así como la realización futura de la red interior de usuario cuando se ejecute el proyecto de distribución en estancias.

Tendremos un total de 212 tomas en viviendas, de las cuales 76 se encuentran en el bloque A, 88 en el bloque B y 48 en el bloque C.

5.6 Cálculo de los parámetros básicos de la instalación

5.6.1 Radio difusión y Televisión terrestre

Se ha calculado la atenuación en las frecuencias extremas en las que se tendrá el servicio de radio difusión y televisión terrestres, es decir en la banda de 47MHz a 860MHz. Los cálculos se han obtenido siguiendo la siguiente expresión:

$$\text{Atenuación} = (d * \alpha_{\text{cable}}) + \alpha_{\text{distribuidor}} + \alpha_{\text{toma}} + \alpha_{\text{mezclador}} + \alpha_{\text{derivador}} + \alpha_{\text{paso}}$$

La mejor toma será aquella de menor atenuación en 47MHz y la peor será la de mayor atenuación en 860 MHz. A continuación, se muestra la mejor y peor toma para cada bloque:

BLOQUE A		
Frecuencias	Atenuación en mejor toma	Atenuación en peor toma
47 MHz	43.70 dB	51.45 dB
	5ªA (Salón)	9ªB (Dormitorio2 y 3)
862 MHz	47.22 dB	54.91 dB
	5ªA (Salón)	1ªB (Dormitorio2 y 3)

Tabla 8: Variación Atenuaciones Bloque A

BLOQUE B		
Frecuencias	Atenuación en mejor toma	Atenuación en peor toma
47 MHz	44.65 dB	51.30 dB
	5ºD (Salón y Cocina)	9ºC (Dormitorio2 y 3)
862 MHz	48.09 dB	55.52 dB
	5ºD (Salón y Cocina)	1ºC (Dormitorio2 y 3)

Tabla 9: Variación Atenuaciones Bloque B

BLOQUE C		
Frecuencias	Atenuación en mejor toma	Atenuación en peor toma
47 MHz	45.25 dB	48.15 dB
	3ºE (Salón)	9ºE (Dormitorio2 y 3)
862 MHz	48.01 dB	53.53 dB
	11ºE (Salón)	1ºE (Dormitorio2 y 3)

Tabla 10: Variación Atenuaciones Bloque C

Tras obtener estos resultados se puede obtener la respuesta en Amplitud-Frecuencia. El primer paso es obtener el rizado de la señal siguiendo la siguiente expresión:

$$Rizado_{TOTAL} = Rizado_{cable}(dB) + 2 \cdot Rizado_{cable}(dB)$$

Para poder calcular el Rizado total es necesario calcular el rizado del cable. Se calculará siguiendo la siguiente expresión:

$$Rizado_{cable} = L_{cable}(m) \cdot \alpha_{cable}(860MHz) - L_{cable}(m) \cdot \alpha_{cable}(47MHz)$$

Los resultados obtenidos del rizado total en cada bloque son:

Peor Toma	Mejor toma
Bloque A	
12.86 dB	9.02 dB
Bloque B	
13.12 dB	9.44 dB
Bloque C	
10.18 dB	10.4 dB

Tabla 11: Rizado total

Así que esto demuestra que la respuesta en Amplitud-Frecuencia en la banda de 47MHz a 860MHz sigue las pautas detalladas en el RD 346/2011, ya que todos los valores son menos a 16 dB.

El siguiente paso necesario es el cálculo de la estimación de la ganancia que tendrá el amplificador y para ello habrá que tener en cuenta el nivel de señal de salida del amplificador. Lo establecido en el RD 346/2011 es que se necesitan en la toma de usuarios unos niveles comprendidos entre 47-70 dBuV para TDT.

Por eso, el nivel de señal máximo a la salida de la cabecera viene determinado por el nivel de la señal máxima para TDT, es decir 70 dBuV, más la atenuación mínima en la toma.

Y el nivel de señal mínimo a la salida de la cabecera viene determinado por el nivel de la señal mínima para TDT, es decir 47 dBuV, más la atenuación máxima en la toma.

Se seguirán las siguientes expresiones:

$$S_{m\acute{a}x_cabecera} = S_{m\acute{a}x} + A_{m\acute{m}n}$$

$$S_{m\acute{m}n_cabecera} = S_{m\acute{m}n} + A_{m\acute{a}x}$$

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Para el Bloque A, se ajustará el amplificador para los monocanales del servicio de TDT para obtener 108 dB μ V a la salida.
- Para el Bloque B, se ajustará el amplificador para los monocanales del servicio de TDT para obtener 109 dB μ V a la salida.
- Para el Bloque C, se ajustará el amplificador para los monocanales del servicio de TDT para obtener 108 dB μ V a la salida.

Esto garantiza que en la peor toma no se recibirán menos de 47 dB μ V y en la mejor toma no se superarán los 70 dB μ V.

Asimismo, Se realizará el mismo procedimiento para obtener los valores del servicio de radio difusión en FM. En este caso el RD 346/2011 indica que se necesitan unos valores de toma de usuarios comprendidos entre 40-70 dBuV. Los resultados obtenidos son:

- Para el Bloque A, se ajustará el amplificador para los monocanales del servicio de FM para obtener 103 dB μ V a la salida.
- Para el Bloque B, se ajustará el amplificador para los monocanales del servicio de FM para obtener 103 dB μ V a la salida.
- Para el Bloque C, se ajustará el amplificador para los monocanales del servicio de FM para obtener 102 dB μ V a la salida.

Por último, también se ajustará el del amplificador del servicio de radio digital. En este caso el RD 346/2011 indica que se necesitan unos valores de toma de usuarios comprendidos entre 30-70 dBuV Los resultados obtenidos son:

- Para el Bloque A, se ajustará el amplificador para los monocanales del servicio de DAB para obtener 98 dB μ V a la salida.
- Para el Bloque B, se ajustará el amplificador para los monocanales del servicio de DAB para obtener 98 dB μ V a la salida.
- Para el Bloque C, se ajustará el amplificador para los monocanales del servicio de DAB para obtener 97 dB μ V a la salida.

El siguiente paso es comprobar los niveles de señal en toma de usuario en la peor y mejor toma a partir de los valores del amplificador obtenidos. Estos cálculos se realizarán siguiendo las siguientes expresiones:

$$S_{toma_min} = S_{cabeceraTDT} - A_{m\acute{a}x}$$

$$S_{toma_m\acute{a}x} = S_{cabeceraTDT} - A_{m\acute{m}n}$$

Los resultados obtenidos en cada bloque son:

BLOQUE A		
TDT	Peor Toma	53.09 dBuV
	Mejor Toma	64.30 dBuV
FM	Peor Toma	51.55 dBuV
	Mejor Toma	59.30 dBuV
DAB	Peor Toma	46.55 dBuV

	Mejor Toma	54.30 dBuV
BLOQUE B		
TDT	Peor Toma	53.48 dBuV
	Mejor Toma	64.35 dBuV
FM	Peor Toma	51.70 dBuV
	Mejor Toma	58.35 dBuV
DAB	Peor Toma	46.70 dBuV
	Mejor Toma	53.35 dBuV
BLOQUE C		
TDT	Peor Toma	54.47 dBuV
	Mejor Toma	62.75 dBuV
FM	Peor Toma	53.85 dBuV
	Mejor Toma	56.75 dBuV
DAB	Peor Toma	48.85 dBuV
	Mejor Toma	51.75 dBuV

Tabla 12: Niveles de señal en toma de usuario

Como se puede observar los valores cumplen lo establecido en el RD 346/2011. Para TDT los valores están comprendidos entre 47-70 dBuV, para FM están comprendidos entre 40-70 dBuV y para DAB entre 30-70 dBuV.

A continuación, se quiere obtener la relación señal a ruido de las peores tomas de cada bloque. Siguiendo las pautas del RD 346/2011 este valor en TDT tiene que ser mayor a 25 dB, en FM mayor a 38 dB y para DAB superior a 18 dB. Se seguirá la siguiente expresión:

$$\frac{C}{N} = C(\text{dBuV}) - N(\text{dBuV}) = S(\text{dBuV}) - F - 20\log(K \text{ to } B(\text{uV}))$$

Se han obtenido los siguientes resultados que se comprueba que los valores obtenidos siguen las pautas del RD 346/2011.

	BLOQUE A	BLOQUE B	BLOQUE C
TDT	34.97 dB	34.29dB	36.22 dB
FM	58.85 dB	59.11 dB	62.33 dB
DAB	42.21 dB	39.56 dB	40.04 dB

Tabla 13: Relación señal-ruido en la peor toma

Por último, se estimarán los elementos de intermodulación. Según lo establecido en el Real Decreto 346/2011 para TDT se tendrá que obtener un mayor superior a 30 dB. Se seguirá la siguiente expresión:

$$\left(\frac{S}{I}\right)_{\text{Samp}} (\text{dB}) = \left(\frac{S}{I}\right)_{\text{máx}} (\text{dB}) + 2 \cdot (S_{\text{máx}}(\text{dBuV}) + S_{\text{amp}}(\text{dBuV}))$$

$\left(\frac{S}{I}\right)_{\text{máx}}$ que es la relación señal/intermodulación de tercer orden

$S_{\text{máx}}$, se refiere al nivel de salida del máximo amplificador

S_{amp} , nivel de salida del amplificador, calculado anteriormente.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

	BLOQUE A	BLOQUE B	BLOQUE C
TDT	52 dB	50 dB	50 dB

Tabla 14: Productos de intermodulación

5.6.2 Radio difusión y Televisión Satélite

Se ha calculado la atenuación en las frecuencias extremas en las que se tendrá el servicio de radio difusión y televisión satélite, es decir en la banda de 950MHz a 2150MHz. Los cálculos se han obtenido siguiendo la siguiente expresión:

$$\text{Atenuación} = (d * \alpha_{\text{cable}}) + \alpha_{\text{distribuidor}} + \alpha_{\text{toma}} + \alpha_{\text{mezclador}} + \alpha_{\text{derivador}} + \alpha_{\text{paso}}$$

A continuación, se muestra la variación de atenuaciones que hay en cada toma de cada bloque y por tanto la mejor y peor toma:

BLOQUE A		
Frecuencias	Atenuación en mejor toma	Atenuación en peor toma
950 MHz	45.66 dB	53.38 dB
	5ºA (Salón)	1ºB (Dormitorio2 y 3)
2150 MHz	49.19 dB	58.74 dB
	5ºA (Salón)	1ºB (Dormitorio2 y 3)

Tabla 15: Variación Atenuaciones Bloque A

BLOQUE B		
Frecuencias	Atenuación en mejor toma	Atenuación en peor toma
950 MHz	45.05 dB	54,46 dB
	8ºD (Salón y Cocina)	1ºC (Dormitorio2 y 3)
2150 MHz	47.65 dB	59.58 dB
	8ºD (Salón y Cocina)	1ºC (Dormitorio2 y 3)

Tabla 16: Variación Atenuaciones Bloque B

BLOQUE C		
Frecuencias	Atenuación en mejor toma	Atenuación en peor toma
950 MHz	44,28 dB	51.64 dB
	11ºE (Salón)	1ºE (Dormitorio2 y 3)
2150 MHz	46.44 dB	57.32 dB
	11ºE (Salón)	1ºE (Dormitorio2 y 3)

Tabla 17: Variación Atenuaciones Bloque C

Tras obtener estos resultados se puede obtener la respuesta en Amplitud-Frecuencia. El primer paso es obtener el rizado de la señal siguiendo la siguiente expresión:

$$\text{Rizado}_{TOTAL} = \text{Rizado}_{\text{cable}}(dB) + 2 \cdot \text{Rizado}_{\text{cable}}(dB)$$

Para poder calcular el Rizado total es necesario calcular el rizado del cable. Se calculará siguiendo la siguiente expresión:

$$\text{Rizado}_{\text{cable}} = L_{\text{cable}}(m) \cdot \alpha_{\text{cable}}(2150MHz) - L_{\text{cable}}(m) \cdot \alpha_{\text{cable}}(950MHz)$$

Los resultados obtenidos del rizado total en cada bloque son:

Peor Toma	Mejor toma
Bloque A	
14.43 dB	9.90 dB
Bloque B	
14.60 dB	7.63 dB
Bloque C	
13.87 dB	6.53 dB

Tabla 18: Rizado total

Así que esto demuestra que la respuesta en Amplitud-Frecuencia en la banda de 950MHz a 2150MHz sigue las pautas detalladas en el RD 346/2011, ya que todos los valores son menores de 20 dB.

El siguiente paso necesario es el cálculo de la estimación de la ganancia que tendrá el amplificador y para ello habrá que tener en cuenta el nivel de señal de salida del amplificador. Lo establecido en el RD 346/2011 es que se necesitan en la toma de usuarios unos niveles comprendidos entre 47-77 dBuV para TDT.

Por eso, el nivel de señal máximo a la salida de la cabecera viene determinado por el nivel de la señal máxima para TV Satélite, es decir 77 dBuV, más la atenuación mínima en la toma.

Y el nivel de señal mínima a la salida de la cabecera viene determinado por el nivel de la señal mínima para TV Satélite, es decir 47 dBuV, más la atenuación máxima en la toma.

Se seguirán las siguientes expresiones:

$$S_{m\acute{a}x_cabecera} = S_{m\acute{a}x} + A_{m\acute{i}n}$$

$$S_{m\acute{i}n_cabecera} = S_{m\acute{i}n} + A_{m\acute{a}x}$$

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Para el Bloque A, se ajustará el amplificador para los monocanales del servicio de TV Satélite para obtener 110 dBuV a la salida.
- Para el Bloque B, se ajustará el amplificador para los monocanales del servicio de TV Satélite para obtener 110 dBuV a la salida.
- Para el Bloque C, se ajustará el amplificador para los monocanales del servicio de TV Satélite para obtener 110 dBuV a la salida.

El siguiente paso es comprobar los niveles de señal en toma de usuario en la peor y mejor toma a partir de los valores del amplificador obtenidos. Estos cálculos se realizarán siguiendo las siguientes expresiones:

$$S_{toma_min} = S_{cabeceraTDT} - A_{m\acute{a}x}$$

$$S_{toma_m\acute{a}x} = S_{cabeceraTDT} - A_{m\acute{i}n}$$

Los resultados obtenidos en cada bloque son:

Bloque A	Peor Toma	57.26 dBuV
	Mejor Toma	68.34 dBuV
Bloque B	Peor Toma	55.42 dBuV
	Mejor Toma	68.95 dBuV
Bloque C	Peor Toma	55.42 dBuV
	Mejor Toma	68.72 dBuV

Tabla 19: Niveles de señal en toma

Como se puede observar los valores cumplen lo establecido en el RD 346/2011, ya que están comprendidos entre 47-77 dBuV

Por último, se estimarán los elementos de intermodulación. Según lo establecido en el Real Decreto 346/2011 se tendrá que obtener un mayor superior a 18 dB. Se seguirá la siguiente expresión:

$$\left(\frac{S}{I}\right)_{Samp} (dB) = \left(\frac{S}{I}\right)_{máx} (dB) + 2 \cdot (S_{máx}(dBuV) + S_{amp}(dBuV))$$

$\left(\frac{S}{I}\right)_{máx}$ que es la relación señal/intermodulación de tercer orden

$S_{máx}$, se refiere al nivel de salida del máximo amplificador

S_{amp} , nivel de salida del amplificador, calculado anteriormente.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

BLOQUE A	BLOQUE B	BLOQUE C
40 dB	38 dB	42 dB

Tabla 20: Productos de intermodulación

5.7 Materiales necesarios para la red de radio difusión sonora y televisión

1. **Antenas:** Para la recepción y captación de las señales y servicios de radio difusión es necesario el uso de antenas. Exactamente para el servicio de RTV terrestre se ha propuesto utilizar la antena UHF del modelo 149921 de Televes (12), la antena FM del modelo 1201 de Televes (13), la antena DAB del modelo 1050 de Televes (14). Se necesitarán 3 antenas de cada tipo, uno para cada bloque. Y para la recepción de señales satélite, se necesitará una antena de 75 cm de diámetro para la recepción de señales Hispasat (modelo 7902 de Televes) (15), y otra de 130cm de diámetro para señales Astra (modelo 757401 de Televes) (16), en cada uno de los bloques.



Ilustración 22: Antena FM, DAB, UHF, satélite

2. **Mástil.** Para la sujeción de las antenas terrestres se usará un mástil que estará situado en la azota de cada bloque. Este mástil será de 3 metros y necesitará un montaje de vientos, de esta forma el mástil tendrá soporte y más protección contra los vientos que soportará a esas alturas. Exactamente se usará el mástil 3010 de Televes (17) y el montaje de vientos 4361 de Televes (18) y se necesitarán 3 de cada, uno para cada bloque.



Ilustración 23: Montaje de vientos y mástil

3. **Amplificadores:** Será necesario el uso de amplificadores en la cabecera de la instalación de radio y televisión terrestre y satélite para ajustar el nivel de señal recibida de cada uno de los canales que se reciban en la edificación. Para la banda UHF se usarán los amplificadores monocanales 509812 de Televes (19), para la banda DAB el modelo 509912 de Televes (15), para la banda FM el modelo 508212 de Televes (20) y para señales satélites el modelo 508012 de Televes (21). Se necesitarán en cada bloque 9 amplificadores UHF, 1 amplificador DAB y 1 amplificador para FM y 2 amplificadores para señales satélite.



Ilustración 24: Amplificador monocanal

4. **Mezclador:** Para poder mezclar la señal de radio televisión terrestres con la señal de satélite y de esta forma poder pasar por el mismo cable coaxial las dos señales, se usará el mezclador 450710 de Televes (22). Este mezclador tiene 3 entradas para poder mezclar la señal terrestre con las dos de satélite. Se usarán dos mezcladores por cada bloque de la edificación.



Ilustración 25: Mezclador de señal terrestre y satélite

5. **Cables:** Debido a las características de la edificación, tras varias iteraciones con posibles cables, finalmente se ha decidido que se realizará el cableado de la red de distribución, dispersión e interior de usuario con el cable coaxial TR-165 del modelo 214911 de Televes (23). Se necesitará aproximadamente 3.500 metros de cable para la edificación.



Ilustración 26: Cable coaxial para la red de RTV

6. **Derivadores:** Gracias a los derivadores que habrá en los Registros Secundarios, la red de distribución y dispersión saldrá desde el punto de interconexión y terminarán en el PAU situado en el RTR de cada vivienda y cada local comercial. Se instalarán derivadores de 2 salidas para el bloque A y B; y derivadores de 1 salida para el bloque C. Se necesitarán 38 derivadores de 2 salidas, 4 derivadores del tipo TA (modelo 5130 de Televes (24)), 8 derivadores tipo A (modelo 5131 de Televes (25)), 12 derivadores del tipo B (modelo 5132 de Televes (26)), 10 derivadores del tipo C (modelo 5133 de Televes (27)) y 4 derivadores del tipo D (modelo 5134 de Televes (28)). Se necesitarán 14 derivadores de 1 salida, 2 derivador tipo TA (modelo 050303342 de Tecatel), 4 derivadores tipo A (modelo 050303351 de Tecatel (29)), 4 derivadores tipo B (modelo 050303360 de Tecatel (30)) y 4 derivadores tipo C (modelo 050303379 de Tecatel (31)).



Ilustración 27: Derivador de 2 salidas y de 1 salida

7. **PAU:** Se ha elegido un repartidor que viene integrado con el PAU, así que en cada vivienda se colocará un PAU/repartidor. A partir de estos repartidores se conectarán los cables de la red interior de usuario correspondientes a cada estancia. Se necesitarán 14 repartidores de 6 salidas del modelo 5430 de Televes (32) (para las viviendas de una planta) y 24 de 8 salidas del modelo 5433 de Televes (33) (para las viviendas dúplex).



Ilustración 28: Repartidos con PAU

8. **Bases de acceso al terminal:** Las Bases de Acceso a Terminal sirven como punto de acceso de los equipos terminales de telecomunicación del usuario final del servicio a la red interior de usuario multiservicio. Se usarán un total de 212 bases de tomas finales para distribuciones en estrella del modelo 9070043 BC-100 de ALCAD (34).



Ilustración 29: Toma final cables coaxiales

6 ACCESO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE TELEFONÍA DISPONIBLE AL PÚBLICO (STDP) Y DE BANDA ANCHA (TBA)

6.1 Tecnologías de acceso basadas en redes de cables pares trenzados

A continuación, se explicarán las características que tiene la tecnología de acceso basada en redes de cables de pares trenzados en este proyecto. La finalidad de esta red de distribución es dar servicio de telefonía y de banda ancha a los diferentes propietarios del inmueble.

El teléfono fue inventado por Antonio Meucci, quien en 1854 construyó su primer prototipo. El dispositivo podía transmitir señales acústicas a distancia por medio de señales eléctricas, es decir, este invento fue el precursor del teléfono actual. Pero por temas económicos no formalizó su patente solo presentó una breve descripción de su invento en la Oficina de Patentes de Estados Unidos en 1871.

Pocos años después, en 1876, Alexander Graham Bell fue el primero en patentarlo formalmente, y durante muchos años, junto a Elisha Gray, fueron considerados los inventores del teléfono (35).

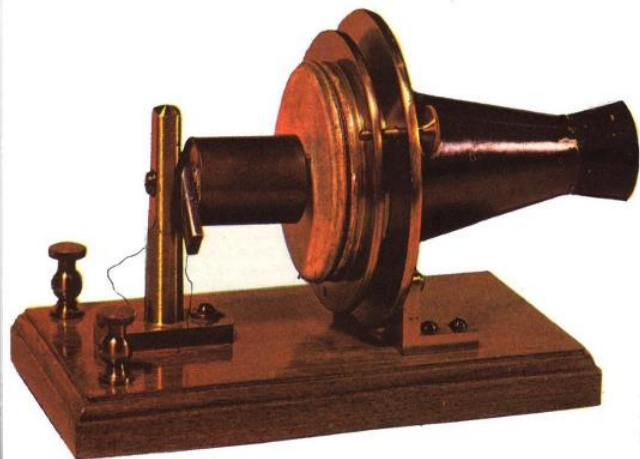
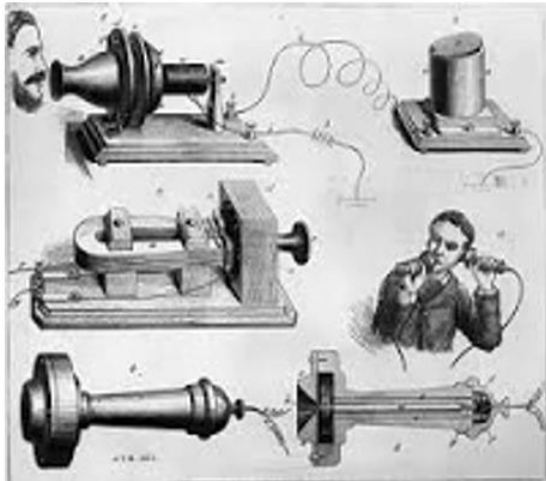


Ilustración 30: Funcionamiento del primer teléfono

En los inicios 80 los primeros teléfonos empleaban líneas telegráficas pero este fenómeno coincidió con el apogeo de los tranvías eléctricos en muchas ciudades de Estados Unidos, lo que provocó interferencias en las comunicaciones. Durante un tiempo se realizaron modificaciones en las instalaciones para corregir el problema, pero surgió otro inconveniente: el crecimiento de la demanda, el cual acentuó todavía más las interferencias en las comunicaciones. Fue entonces, cuando Alexander Graham Bell presentó en la Oficina de Patentes de Estados Unidos el 4 de junio de 1881 un cable trenzado que revolucionaría las comunicaciones (36).

Hoy en día, este servicio se encuentra extendido en todo el mundo por parte de las compañías telefónicas para la prestación de servicio por voz y banda ancha. El cable trenzado presentaba dos hilos de cobre que estaban trenzados entre sí para que fueran más estables en lo referente a las propiedades eléctricas y menos vulnerable a las interferencias. Surgió como una solución a las necesidades telefónicas de la época y posteriormente se ha convertido en una de las tecnologías más extendidas permitiendo incluso la transferencia de datos (37) (38).

Pero, algunos de los inconvenientes de este tipo de cable es que el ancho de banda se encuentra limitado comparado con otras tecnologías como la fibra óptica, además tiene restricciones para grandes distancias creando la necesidad de emplear repetidores.

Así que la transformación digital que estamos viviendo actualmente ha causado estragos en la utilización de este servicio. Hay que destacar que, aunque es previsible que las nuevas redes de telecomunicaciones basadas en fibra óptica lleguen a toda la población en los próximos años, hoy en día todavía no están desplegadas por todo el territorio, así que en muchos casos esta tecnología se convierte en la única forma de poder acceder al servicio de telefonía y de banda ancha.

Existen diferentes tipos de cable de par trenzado como son UTP (Unshielded twisted pair), FTP (Foiled twisted pair), STP (Shielded twisted pair), SSTP (Screened Shielded twisted pair) y SFTP (Screened foiled twisted pair). Los más utilizados para las instalaciones de una ICT son los tipos UTP y FTP, debido a las prestaciones que presentan en relación con su precio. Sus características son muy parecidas, pero una de las diferencias es que los tipos FTP presentan un poco más de tolerancia a las interferencias electromagnéticas. (39)

Teniendo en cuenta esto y que la normativa exige como mínimo un cableado de Categoría 6, se ha escogido un cable no apantallado de 6.9 mm de diámetro exterior de 4 pares trenzados de cobre de Categoría 6A, exactamente el modelo 219301 de Televes. (39)

Al ser de Categoría 6A será capaz de admitir velocidades de hasta 10GB/s. Con esta elección se espera que la instalación esté preparada para la llegada de nueva tecnología y por tanto que los usuarios puedan disfrutar de los nuevos servicios que ofrezcan las distintas compañías. (40)

A pesar de que este tipo de red basada en cables de pares trenzados es una de las redes de telecomunicaciones más extendidas y económicas, su tendencia apunta que cada día estará más en desuso. Incluso algunos expertos apuntan que serán sustituidas en unos años por las nuevas redes de telecomunicaciones cuando estas estén totalmente desplegadas por todo el territorio. Mientras tanto, las nuevas mejoras de los cables, como los que son de Categoría 6A, aportan una solución de calidad para aquellas localidades donde todavía no existe otra alternativa para tener acceso al servicio.

6.1.1 Previsión de la demanda

Para empezar el dimensionamiento de esta tecnología primero hay que hacer una previsión de la demanda, que vendrá condicionado con la presencia de los operadores, por la tecnología de acceso que utilicen estos operadores y por la aplicación de los criterios de la previsión de demanda establecidos en el RD 346/2011 (11).

Por una parte, como la normativa engloba los mínimos de obligado cumplimiento, se ha decidido que para esta edificación haya o no presencia de algún operador se realizará igualmente la instalación de todas las tecnologías de acceso, de este modo los usuarios podrían tener acceso en el momento que un operador decida desplegar su red hasta la zona.

Por otra parte, la previsión de la demanda también está condicionada dependiendo si se escoge usar cables de pares o cables de pares trenzados. Dependiendo de la distancia entre el punto de interconexión (PI) y el punto de acceso al usuario (PAU) más alejado se suele usar una tecnología o otra. Si esta distancia es inferior a 100 metros se suele emplear cables de pares trenzados (5). En esta edificación la distancia ente PI y el PAU más alejado (Vivienda 9ºB del Bloque A) es de 92.7 metros, como podemos ver en la Ilustración 31 Ubicación PAU mas alejado del punto de interconexión.



Ilustración 31 Ubicación PAU mas alejado del punto de interconexión

Por tanto, no se superan los 100 metros así que se usará una tecnología basada en cables de pares trenzados, de acuerdo a lo establecido en el apartado 3.1.1 del Anexo II del Reglamento.

A continuación, se procederá al cálculo de acometidas necesarias en la edificación, para ello se seguirán las indicaciones del RD 346/2011 (11) que podemos ver en la siguiente **Error! Reference source not found.**

REDES DE CABLES DE PARES TRENZADOS			
ACOMETIDA		Acometida = Cable no apantallado de 4 pares trenzados de cobre de categoría 6 o Superior	
VIVIENDAS		1 acometida / vivienda	
LOCALES U OFICINAS	Edificación Mixta con viviendas y locales comerciales u oficinas	Distribución definida	1 acometida / local u oficina
		Distribución no definida	1 acometida mínimo / 33 m ² útiles
	Edificación destinada fundamentalmente a locales u oficinas	Distribución definida	2 acometida / local u oficina
		Distribución no definida	1 acometida mínimo / 33 m ² útiles
ESTANCIAS COMUNES DE LA EDIFICACIÓN		2 acometidas / edificación	

Tabla 21: Dimensionamiento de la demanda

Teniendo en cuenta de que no existen zonas comunes en la edificación y que el área destinada para los locales comerciales está distribuida de forma que habrá 5 locales comerciales, se necesitará un total de 35 acometidas para la edificación, 30 destinadas a viviendas y los 5 restantes a locales comerciales.

6.1.2 Dimensionamiento mínimo de la red de alimentación.

Según lo establecido en el RD 346/2011. (11), el diseño y dimensionamiento de esta red, así como su instalación, será responsabilidad del operador del servicio, sea cual sea la tecnología de acceso que utilice para proporcionar los servicios. Además, cada operador puede facilitar el respaldo del servicio de la red de alimentación como considere oportuno.

6.1.3 Dimensionamiento mínimo de la red de distribución

Esta edificación estará formada por 3 verticales, las cuales deberán de ser tratadas como una red de distribución independiente. El RD 346/2011. (11) indica que se debe de dimensionar la red de distribución multiplicando la cifra de demanda prevista, calculada en el apartado anterior, por el factor 1,2, con la finalidad de asegurar suficientes acometidas de reserva para prever posibles averías de alguna acometida o alguna desviación por exceso en la demanda de acometidas.

Como podemos ver en la siguiente tabla el total de acometidas necesarias es de 43, pero al tratarse de una edificación lujosa se incluirá en el diseño una acometida de reserva en plantas alternativas, aunque esto suponga un sobredimensionamiento de la red. Así que se instalará un total de 54 acometidas, 30 para viviendas y 5 para locales comerciales y las 19 acometidas restantes son las destinadas a cables de reserva.

	Acometidas Bloque A	Acometidas Bloque B	Acometidas Bloque C
Viviendas	11	13	6
Locales Comerciales	2	2	1
Cables Previstos	13	15	7
Coefficiente de Corrector	1.2	1.2	1.2
Conexiones Necesarias	15.6 → 16	18	8.4 → 9
Total Conexiones Previstas	19	21	14
Total Edificación			54

Tabla 22: Dimensionamiento mínimo de la red de distribución

6.1.4 Dimensionamiento mínimo de la red de dispersión

Al tratarse de una distribución en estrella, el punto de distribución coincidirá con el de interconexión, las acometidas quedarán en los registros secundarios en paso hacia la red de dispersión. Por tanto, el punto de distribución carecerá de implementación física.

En los registros secundarios quedarán almacenados únicamente los bucles de los cables de pares trenzados de reserva, con la longitud suficiente para poder llegar hasta el PAU más alejado de esa planta.

Exactamente se necesitarán 19 acometidas para el Bloque A, 21 acometidas para el Bloque B y 14 acometidas para el Bloque C. Esto permitirá espacio suficiente en caso de que se necesitará añadir alguna acometida para el ascensor.

La red de distribución y dispersión tendrá la estructura que podemos ver en la Ilustración 32 Red de cables de pares trenzados:

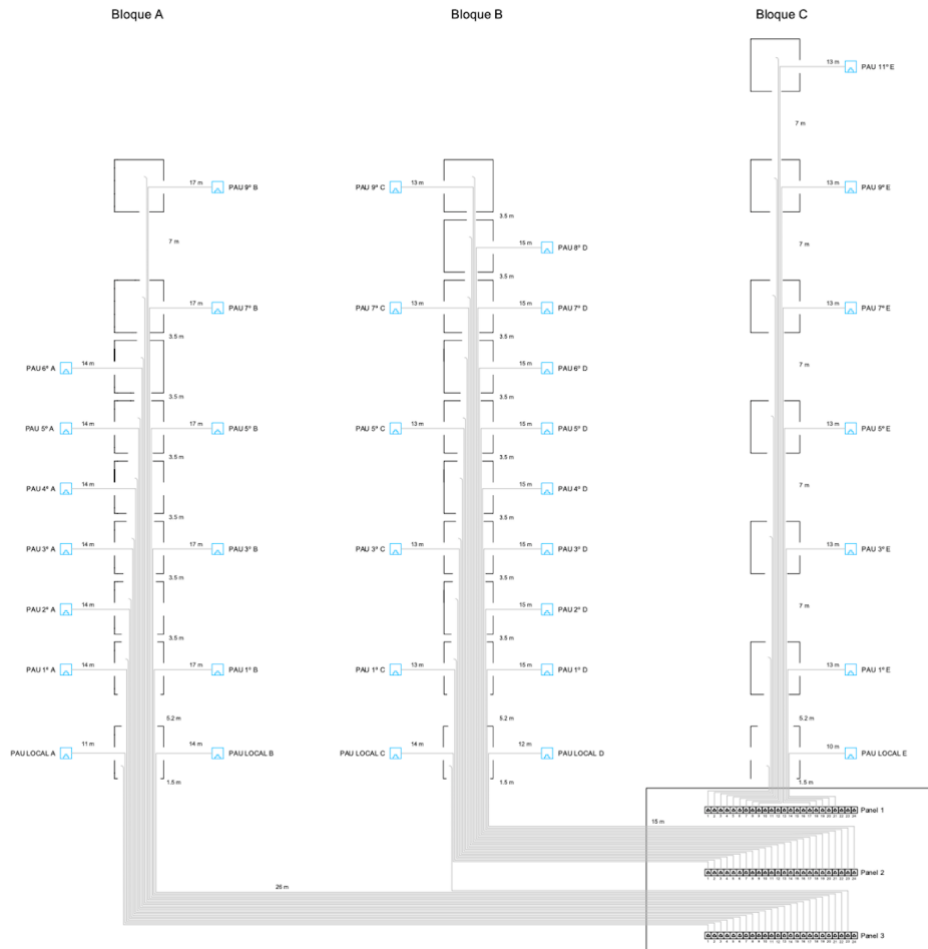


Ilustración 32 Red de cables de pares trenzados

6.1.5 Dimensionamiento mínimo de la red de interior del usuario

Por último, se realizará el dimensionamiento necesario para cada vivienda y local comercial siguiendo las indicaciones del RD 346/2011 (11). Hay que destacar que en los últimos cambios de la normativa ya se especifica que una de las estancias principales es el salón.

REDES DE CABLES DE PARES TRENZADOS			
VIVIENDAS			1 Toma / estancia (1) mínimo 2. Como mínimo se equiparán 2 BAT con dos conectores hembra (2) (3)
LOCALES U OFICINAS	Edificación Mixta con viviendas y locales comerciales u oficinas	Distribución definida	1 Toma / estancia (1). Cada toma tendrá 2 conectores hembra (2)
		Distribución no definida	No se instalará red de interior de usuario
ESTANCIAS COMUNES DE LA EDIFICACIÓN			A criterio del proyectista, en función de las necesidades

(2) : Excluidos baños y trasteros

(3) : Alimentadas por acometidas de pares trenzados independientes procedentes del PAU

(4) Una de las estancias principales debe ser el salón

Tabla 23: Dimensionamiento mínimo de la red de interior de usuario

Como se ha indicado anteriormente, la edificación de este proyecto se considera lujosa y por eso requiere equipar a las viviendas con las mejores prestaciones. Así que se considerará la cocina-salón como dos estancias independientes y la terraza como otra estancia, ya que está cubierta y tiene un gran tamaño. Como mínimo en dos estancias de cada vivienda se equiparán con dos tomas alimentadas por acometidas de pares trenzados independientes procedentes del PAU. Se ha decidido que en las estancias de una planta habrá 3 tomas dobles y en las viviendas dúplex habrá 4 tomas que serán dobles.

Exactamente las estancias que tendrán tomas dobles serán las siguientes:

- Viviendas Tipo A: Salón, Dormitorio 1 y Dormitorio 3.
- Viviendas Tipo B, C y D: Salón, Despacho, Salita y Dormitorio 1.
- Viviendas Tipo D: Salón, Dormitorio 1 y Despacho.

Por tanto, habrá 9 tomas en las viviendas simples (Tipo A y D) y 12 en las viviendas dobles (Tipo B, C y E).

En los locales comerciales no se instalarán tomas al no estar definida la distribución interior en estancias siendo responsabilidad de la propiedad el diseño y dimensionamiento, así como la realización futura de la red interior de usuario cuando se ejecute el proyecto de distribución en estancias.

La edificación no dispone de estancias comunes, así que el número total de tomas necesarias en viviendas es de 318.

6.1.6 Cálculo de los parámetros básicos de la instalación

Para el cálculo de la atenuación de la red de distribución y dispersión de cable de pares trenzados se ha considerado la atenuación del cable (34.4dB/100 metros a 300 MHz) y la atenuación de la conexión en el punto de interconexión de salida (una pérdida máxima de 0.3 dB). Se ha seguido la siguiente expresión:

$$\alpha_{Total}(300MHz) = Distancia_{RITI-RTR} (m) \cdot \alpha_{Cable}(300MHz) + A_{interconexión}$$

El peor caso se da para la Vivienda tipo B de la 9ª planta, del Bloque A con una atenuación de 32.18 dB.

Vivienda	Atenuación
9ª B, Bloque A	32.18 dB

Tabla 24: Peor caso de atenuación

Para el cálculo de la atenuación de cada una de las ramas que constituyen las redes interiores de usuario, se ha considerado la atenuación del cable (34.4 dB/100 metros a 300 MHz), la del conector del PAU, la de cada una de las dos conexiones del multiplexor pasivo y la de la base de acceso terminal. Para cada una de las conexiones una atenuación máxima de 0.3 dB. Se ha seguido la siguiente expresión:

$$\alpha_{Total}(300MHz) = \alpha_{Cable}(300MHz) \cdot Distancia_{PAU-BAT} (m) + \alpha_{PAU} + \alpha_{BAT} + 2\alpha_{multiplexor}$$

En las estancias que se instalarán dos bases de acceso terminal, una destinada a telefonía y la otra a banda ancha, tendrán la misma atenuación al estar en un mismo registro doble.

Los valores de atenuación están comprendidos entre los siguientes valores:

Atenuación Mín	Atenuación Máx
2.92 dB	6.01 dB

Tabla 25: Atenuación mínima y máxima

6.1.7 Materiales necesarios para la red de cables de pares trenzados

Las características de todos los materiales que se utilizarán se indican con más detalle en el Anexo del proyecto en la sección Pliego de Condiciones, pero a continuación tenemos un resumen de todos ellos:

- 9. Panel de conexión:** Los paneles o lo que es lo mismo los paneles repartidores de salida se situarán en el Registro Principal. Estos paneles deberán tener capacidad para al menos las 54 conexiones necesarios para red de distribución, por lo que se emplearán tres paneles con capacidad de hasta 24 conectores RJ45 para las 54 conexiones necesarias en el Punto de Interconexión/Distribución. Además, habrá espacio suficiente en el caso que se necesiten instalar conexiones para el ascensor. Exactamente se instalarán los paneles del modelo 533151 de Televes (41).



Ilustración 33 Panel de conexión

- 10. Conectores hembra Rj45:** Cada uno de los 54 cables de pares trenzados que constituirá la red de distribución y dispersión estará conexionado en el punto de interconexión a un conector hembra RJ45 de ocho vías. Se usarán 54 conectores RJ45 de categoría 6A del modelo 209923 de Televes (42).



Ilustración 34 Conector hembra Rj45

- 11. Cables:** Para la red de distribución/dispersión y de interior de usuario se usará un cable no apantallado de 6.9 mm de diámetro exterior de 4 pares trenzados de cobre de Categoría 6A, exactamente el modelo 219301 de Televes. Se necesitará aproximadamente un total de 4.000 metros para la red de distribución/dispersión y 2600 metros para las redes interiores de usuario (43).



Ilustración 35 Cable de par trenzado

- 12. Puntos de Acceso al Usuario (PAU):** Cada PAU de cada vivienda o local comercial estará formado por una roseta con conector hembra miniatura de ocho vías (RJ45) a la que se conectarán todos los conductores del cable de pares trenzados que llegan desde el punto de interconexión. Se necesitarán 35 y se usarán los del modelo 209910 de Televes (44).



Ilustración 36 Puntos de acceso al usuario

A la salida del PAU de cada vivienda se colocará un multiplexor pasivo con una entrada y tantas o más salidas como estancias tengan las viviendas. Por tanto, se usarán 30 multiplexores pasivos de 8 salidas destinados a las viviendas del modelo 546501 de Televes (45). En los locales no se colocará ningún multiplexor pasivo ya que estos no tienen una distribución de estancias definida.



Ilustración 37 Multiplexor pasivo de 8 salidas

El multiplexor y la roseta se conectarán mediante un latiguillo. Por tanto, serán necesarios 30 latiguillos de categoría 6A de 3 metros del modelo 209104 de Televes (46).



Ilustración 38 Latiguillo de categoría 6A

- 13. Conectores macho Rj45:** Las diferentes ramas de la red interior de usuario partirán del interior del PAU. En los RTR estarán equipados con conectores macho miniatura de ocho vías (RJ45). Se usarán 212 conectores del modelo 209904 de Televes (47).



Ilustración 39 Conector macho Rj45

- 14. Bases de Acceso al Terminal (BAT):** Las Bases de Acceso a Terminal sirven como punto de acceso de los equipos terminales de telecomunicación del usuario final del servicio a la red interior de usuario multiservicio. En las estancias principales de cada vivienda se instalarán registros con dos tomas.

Por tanto, se instalarán un total de 212 bases de acceso terminal, 106 correspondientes a tomas con una salida RJ45 y las otras 106 correspondientes a tomas con dos salidas RJ45. Se usarán las bases de tomas empotrables con embellecedor y con 1 conector RJ45 del modelo 9300063 TOU-101 de ALCAD (48), así como de 2 conectores RJ45 del modelo 9300064 TOU-102 de ALCAD (49).



Ilustración 40 Bases de acceso a terminal

6.2 Tecnologías de acceso basadas en redes de cables coaxiales

A continuación, se explicarán las características que tiene la tecnología de acceso basada en redes de cables coaxiales en este proyecto. La finalidad de esta red de distribución es dar servicio de telefonía y de banda ancha a los diferentes propietarios del inmueble.

Este año se cumplen 90 años de la patente de lo que actualmente se conoce como el cable coaxial moderno. Fue patentado por Lloyd Espenschied y Herman A. Affel para la compañía AT&T American Telephone & Telegraph el 8 de diciembre de 1931. Fue un descubrimiento que cambió las comunicaciones tal y como se conocían en ese momento (50).

Las primeras transmisiones de TV por cable se llevaron a cabo para las Olimpiadas de 1936. Ese mismo año la compañía AT&T realizó experimentos para transportar señales usando cables coaxiales para TV y telefonía entre New York y Filadelfia (51). Hasta que en diciembre de ese año se pudieron llevar a cabo hasta 240 llamadas en simultaneo. En 1956 se llevo a cabo el primer cable coaxial trasatlántico, llamado el TAT-1 entre Escocia y Canadá.



Ilustración 41: Transmisión de las olimpiadas por medio del cable coaxial

En los años 70's el cable coaxial había mejorado a tal punto que podía soportar hasta 132 mil conversaciones telefónicas.

Las principales ventajas del cable coaxial es la protección frente a interferencias electromagnéticas de fuentes externas, por este motivo se suele usar entre otros para los servicios de televisión por cable, emisoras de radio, circuitos cerrados de televisión, banda ancha, cableados submarinos o aplicaciones Ethernet. Poco a poco el cable coaxial está reemplazando el papel que presentaban los pares trenzados en las al ofrecer un mejor blindaje frente a las interferencias.

Existen diferentes tipos de cables coaxiales, los más apropiadas según el RD 346/2011 (4) para usar en la instalación de una ICT son los tipos RG6, RG11 y RG59.



Ilustración 42 Tipos de Cables Coaxiales de acuerdo al Real Decreto 346/2011

Las principales diferencias que pueden existir entre los cables anteriormente mencionados son las siguientes:

- **RG6.** Este cable es el más extendido en las instalaciones de compañías de cable y televisión satélite. En cuanto a sus características de precio, tamaño y prestaciones que ofrece, se podría decir que es el cable intermedio entre los tipos RG11 y los RG59. Por las prestaciones que ofrece se puede decir que es bastante flexible para la mayoría de las aplicaciones en una ICT. Debido a las extensas distancias de este proyecto, no se podrá usar este cable para la red de distribución y dispersión, pero se había propuesto el T200Plus del 213002 de Televes (52).
- **RG11.** Este cable es el más costoso, el de mayor grosor y el que mejores prestaciones de atención presenta. Puede operar en frecuencias de hasta 3 GHz. Es idóneo para conexiones entre antenas o receptores de HDTV. Se suele usar en grandes superficies como almacenes u oficinas o donde la pérdida de la señal se convierte en un factor crítico para la instalación. Por este motivo y debido a las características de la edificación de este proyecto, se usará este tipo de cable para la red de distribución y dispersión, exactamente el cable coaxial TR-165 del 214911 de Televes .
- **RG59.** Este cable es el más barato, de menos grosor y el que peor prestación de atenuación presenta. Por la relación de calidad precio y por la flexibilidad que presenta es el más usado en las instalaciones domesticas. En este proyecto se usará este tipo de cable para las redes interiores de usuario, exactamente el cable coaxial CXT 212811 de televes (53).

Hoy en día la llegada de plataformas como pueden ser Netflix®, HBO®, Amazon Prime Video®, entre otras, ha obligado a las compañías de telecomunicaciones a ofrecer mejores servicios de red y por tanto a adaptar su infraestructura. Por esto motivo se cree que al igual que los cables trenzados, el cable coaxial cada día estará más en desuso. La diferencia entre el cable de trenzados es que el cable coaxial presenta mejores prestaciones y por este motivo se podrían complementar con la fibra óptica de tal forma que se use la fibra óptica para las grandes distancias y el cable coaxial para la distribución en domicilio. Que es un poco lo que esta pasando actualmente o bien porque la Infraestructura de la edificación no tiene instalación de fibra óptica o porque todavía no ha llegad esta a esa localización.

6.2.1 Previsión de la demanda

Para empezar el dimensionamiento de esta tecnología primero hay que hacer una previsión de la demanda, que vendrá condicionado con la presencia de los operadores, por la tecnología de acceso que utilicen estos operadores y por la aplicación de los criterios de la previsión de demanda establecidos en el RD 346/2011 (4).

Primero que todo, como se ha comentado antes, se ha decidido que para esta edificación haya o no presencia de algún operador se realizará igualmente la instalación de todas las tecnologías de acceso.

Por tanto, se realizará el cálculo de acometidas necesarias en la edificación siguiendo las indicaciones del RD 346/2011 (4) que podemos ver en la siguiente Tabla 26: Dimensionamiento de la demanda:

REDES DE CABLES COAXIALES			
ACOMETIDA			Acometida = 1 Cable Coaxial
VIVIENDAS			1 acometida / vivienda
LOCALES U OFICINAS	Edificación Mixta con viviendas y locales comerciales u oficinas	Distribución definida	1 acometida / local u oficina
		Distribución no definida	1 acometida mínimo / 100 m ² útiles

	Edificación destinada fundamentalmente a locales u oficinas	Distribución definida	1 acometida / local u oficina
		Distribución no definida	1 acometida mínimo / 100 m ² útiles
ESTANCIAS COMUNES DE LA EDIFICACIÓN			2 acometidas / edificación

Tabla 26: Dimensionamiento de la demanda

Teniendo en cuenta de que no existen zonas comunes en la edificación y que el área destinada para los locales comerciales está distribuida de forma que habrá 5 locales comerciales, se necesitará un total de 35 acometidas para la edificación, 30 destinadas a viviendas y los 5 restantes a locales comerciales.

6.2.2 Dimensionamiento mínimo de la red de alimentación.

Según lo establecido en el RD 346/2011 (4), el diseño y dimensionamiento de esta parte de red, así como su instalación, será responsabilidad del operador del servicio, sea cual sea la tecnología de acceso que utilice para proporcionar los servicios. Además, cada operador puede facilitar el respaldo del servicio de la red de alimentación como considere oportuno.

6.2.3 Dimensionamiento mínimo de la red de distribución

Esta edificación estará formada por 3 verticales, las cuales deberán de ser tratadas como una red de distribución independiente. Siguiendo las pautas del RD 346/2011 (4) existen dos formas de dimensionar la red de distribución:

- **Configuración en estrella:** Se empleará en edificaciones con un número de PAU no superior a 20. En el registro principal los cables serán terminados en un conector tipo F, mientras que en los PAU se conectarán a los distribuidores de cada usuario situados en los mismos.
- **Configuración en árbol-rama:** Se empleará en edificaciones con un número de PAU superior a 20. La red de distribución se realizará con un único cable coaxial que saldrá del registro principal situado en el RITI y terminará en el último registro secundario. En cada registro secundario se insertará el derivador apropiado para alimentar los PAU de cada planta. En el panel de salida del registro principal, el cable coaxial que constituye la red.

De esta forma siguiendo la normativa y teniendo en cuenta que ninguna de las 3 verticales de la edificación tiene un número mayor de 20 PAUs se podría realizar por una configuración en estrella. Una de las iteraciones que se realizó fue la siguiente:

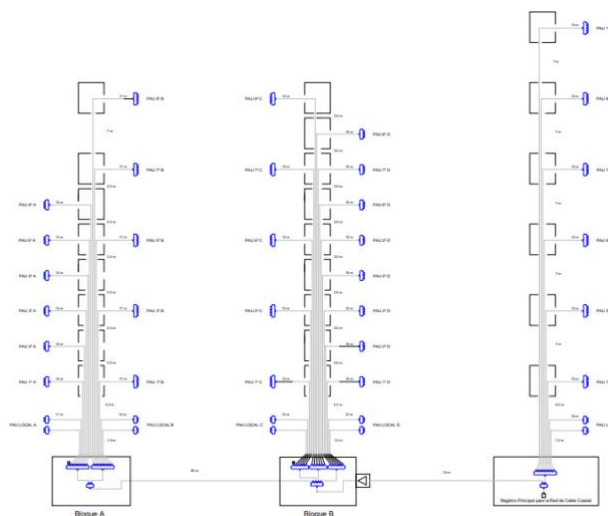


Ilustración 43: Iteraciones de prueba

Inicialmente se diseñó esta instalación, pero al realizar los cálculos de atenuación, se detectó que con esta configuración no se respectaban los máximos exigidos. Una de las posibles soluciones era el uso de amplificadores, pero sabiendo que estos se deben de cambiar cada cierto periodo de tiempo se decidió descartar esta configuración.

La normativa también indica que cuando la configuración de la edificación impida el cumplimiento de los requisitos de atenuación máxima en los dos casos anteriores, se puede adoptar los criterios de diseño que se estimen oportunos pudiendo combinar ambos tipos de topologías para proporcionar el servicio al 100% de los PAU de la edificación. De este modo, esta edificación tendrá 3 ramas en las cuales cada rama tendrá una configuración árbol-rama.

Para llegar a la configuración anterior, se tuvieron que diseñar varias opciones posibles entre otras probar diferentes tipos de derivadores, diseño de un derivador por planta, prueba de diferentes tipos de cable coaxial como el tipo T200Plus del modelo 2130002 de Televes, cuantas ramas eran necesarias, diferentes derivadores y pruebas de si se pudiese añadir otra toma a las viviendas dúplex.

Tras hacer varias iteraciones, la distribución-dispersión de la edificación estará formada por 3 verticales y 5 ramas de cables coaxiales RG 11, TR-165 del modelo 214911 de Televes. Las verticales de los bloques A y B tendrán 2 ramas cada en cambio la vertical del Bloque C estará formada por una única rama. Además, cada vivienda tendrá capacidad para poner 3 tomas. A continuación, se presenta el dimensionamiento final de la red de distribución y dispersión:

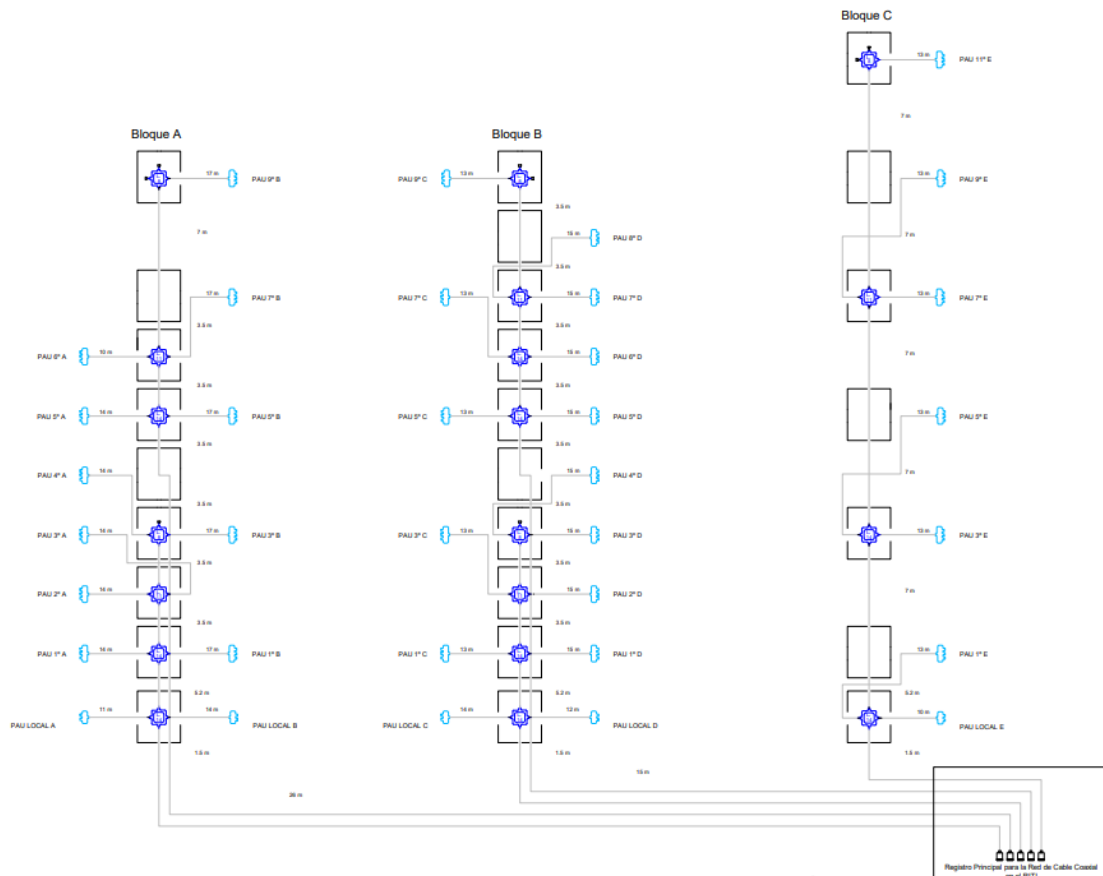


Ilustración 44: Red de cables coaxiales

6.2.4 Dimensionamiento mínimo de la red de dispersión

Se instalarán los cables coaxiales de acometida que cubran la demanda prevista, en este caso serán necesarios 5 cables. Cada uno de ellos irá conectado al correspondiente puerto de derivación del derivador que actuará como punto de distribución en el registro secundario, los cuales terminarán en el PAU de cada vivienda, conectándose al distribuidor encargado de repartir la señal en la red de interior de cada usuario.

6.2.5 Dimensionamiento mínimo de la red de interior del usuario

Por último, se realizará el dimensionamiento necesario para cada vivienda y local comercial siguiendo las indicaciones del RD 346/2011 (4).

REDES DE CABLES COAXIALES			
VIVIENDAS			2 Tomas en dos estancias diferentes de la vivienda
LOCALES U OFICINAS	Edificación Mixta con viviendas y locales comerciales u oficinas	Distribución definida	No se instalará red de interior de usuario
		Distribución no definida	No se instalará red de interior de usuario
ESTANCIAS COMUNES DE LA EDIFICACIÓN			A criterio del proyectista, en función de las necesidades

Tabla 27: Dimensionamiento mínimo de la red interior del usuario

Como se ha indicado anteriormente, la edificación de este proyecto se considera lujosa y por eso requiere equipar a las viviendas con las mejores prestaciones. Así que se ha decidido que se instalarán 3 tomas en cada vivienda. Exactamente se instalarán:

- Viviendas Tipo A: Salón, Dormitorio 1 y Dormitorio 3.
- Viviendas Tipo B, C y D: Salón, Despacho y Salita.
- Viviendas Tipo D: Salón, Dormitorio 1 y Despacho.

Se han elegido estas estancias, teniendo en cuenta cuales serían las más idóneas para poner la toma para tener acceso a esta red. En el caso de las viviendas que son dúplex, se ha buscado que en ambas plantas se tenga la oportunidad de poder tener acceso a esta tecnología.

En los locales comerciales no se instalarán tomas al no estar definida la distribución interior en estancias siendo responsabilidad de la propiedad el diseño y dimensionamiento, así como la realización futura de la red interior de usuario cuando se ejecute el proyecto de distribución en estancias.

La edificación no dispone de estancias comunes, así que el número total de tomas necesarias en viviendas es de 90. Podemos ver la distribución de estas tomas en los Planos del Anexo I.

6.2.6 Cálculo de los parámetros básicos de la instalación

Para el cálculo de la atenuación de la red de distribución y dispersión de cable coaxial se ha considerado la atenuación del cable (12 dB/100 metros a 860 MHz y de 3.20 dB/100 metros), la atenuación de dos conectores F uno en cada extremo del cable (1 dB entre ambas), la atenuación de los derivadores que abastece esa vivienda o local (12 o 15 dB), las atenuaciones de paso de los derivadores por los que pasa el cable (2.5 o 1.2 dB) y la atenuación del distribuidor de 2 (locales comerciales) o 3 salidas (viviendas) que se instalará en cada RTR (4 o 6 dB). Se ha seguido la siguiente expresión:

$$\alpha_{Total} = Distancia_{RITI-RTR} (m) \cdot \alpha_{Cable} + 2\alpha_{Conec.F} + \alpha_{Derivador} + \alpha_{Paso} + \alpha_{Distribuidor}$$

El peor caso para la frecuencia de 86 MHz es el de la Vivienda tipo A de la 4^o planta, del bloque A con una atenuación de 24.57 dB y el peor para la frecuencia de 860 MHz es el de la Vivienda tipo B de la 5^o planta, del bloque A con una atenuación de 30.44 dB. Por tanto, las atenuaciones calculadas no exceden el valor de 36 dB para 860 MHz y 29 dB para 86 MHz, establecido en el Real Decreto 346/2011 (4).

Rama	Vivienda	Atenuación 86 MHz	Atenuación 860 MHz
Rama 1	1 ^a B, Bloque A	24.57 dB	30.26 dB
Rama 2	5 ^a B, Bloque A	23.51 dB	30.44 dB

Tabla 28: Atenuaciones máximas

Para el cálculo de la atenuación de cada una de las ramas que constituyen las redes interiores de usuario, se ha considerado la atenuación del cable coaxial R59 (20 dB/100 m a 862 MHz y 5 dB/100 m a 86 MHz), la del conector F de la salida del distribuidor (0.5 dB) y la de la base de acceso terminal (1.1 dB a 860 MHz y 0.9 dB a 86 MHz.). Por tanto, se ha seguido la siguiente expresión:

$$\alpha_{Total} = Distancia_{PAU-BAT} (m) \cdot \alpha_{Cable} + \alpha_{Conec.F} + \alpha_{BAT}$$

Los valores de atenuación estarán comprendidos entre los siguientes valores:

Estancia	Vivienda	Atenuación 86 MHz	Atenuación 860 MHz
Salón	Tipo C, Bloque B	1.65 dB	2.6 dB
Salón	Tipo D, Bloque B	1.65 dB	2.6 dB
Despacho	Tipo D, Bloque B	2 dB	4 dB
Salón	Tipo E, Bloque C	1.65 dB	2.6 dB

Tabla 29: Atenuaciones tomas viviendas

6.2.7 Materiales necesarios para la red de cables coaxiales

Las características de todos los materiales que se utilizarán se indican con más detalle en el Anexo del proyecto en la sección Pliego de Condiciones, pero a continuación tenemos un resumen de todos ellos:

- 15. Conector F macho:** Se utilizarán conectores F macho para la red de cables coaxiales, generalmente irán conectados a cada uno de sus extremos incluyendo las 5 ramas en el punto de interconexión. Para esta tecnología no se equipará de panel de conexión y se dejarán los 5 cables terminados con conector F macho en el interior del Registro Principal de Cable Coaxial. Se necesitarán 108 conectores para la red de distribución y dispersión y 90 para las redes de interior de usuario. Se usarán los conectores de compresión del modelo 4106 de Televes para el tipo de cable RG-11 y del modelo 4104 de Televes para el tipo de cable RG-59 (54) (55).



Ilustración 45: Conectores F para cables coaxiales

- 16. Cables:** Para la red de distribución y dispersión se necesitará un total de 1200 metros de cable coaxial tipo RG 11 de 10.1 mm de diámetro. Se usará el TR-165 del modelo 214911 de Televes. Para las redes de interior de usuario, se tendrá una configuración en estrella que se utilizará un cable coaxial del tipo RG 59 desde el RTR hasta cada una de las tomas que se instalarán en cada vivienda. Se necesitarán 900 metros del cable CXT del modelo 212811 de Televes (56) (57).



Ilustración 46: Cables coaxiales

- 17. Derivadores:** Gracias a los derivadores que habrán en algunos Registros Secundarios, la red de distribución y dispersión saldrá desde el punto de interconexión y terminarán en el PAU situado en el RTR de cada vivienda y cada local comercial. Se instalarán 5 derivadores de 2 salidas de tipo TA, 5 del tipo A y 9 del tipo B. Exactamente se usarán los distribuidores TA del modelo 456103 de Televes, los tipos A del modelo 456203 de Televes y los tipos B del modelo 456303 de Televes (58) (59) (60).



Ilustración 47: Derivador 2 salidas

- 18. Cargas de terminación:** La carga de terminación coaxial se instalará en todos los puertos de los derivadores o distribuidores (incluidos los de terminación de línea) que no lleven conectado un cable de acometida. Se usarán 23 cargas de terminación de 75 Ohm del modelo 4087 de Televes (61).



Ilustración 48: Cargas de terminación

- 19. Puntos de Acceso al usuario (PAU):** El punto de acceso al usuario está constituido por distribuidores de 2 salidas para los locales comerciales y de 3 salidas para las viviendas. Habrá un total de 5 distribuidores 2 salidas del modelo de 453003 de Televes y de 30 distribuidores de 3 salidas del modelo 453203 de Televes (62) (63).



Ilustración 49: Distribuidores de 2 y 3 salidas

- 20. Bases de Acceso al Terminal (BAT):** Las Bases de Acceso a Terminal sirven como punto de acceso de los equipos terminales de telecomunicación del usuario final del servicio a la red interior de usuario multiservicio. Se usarán un total de 90 bases de tomas finales para distribuciones en estrella del modelo 9070043 BC-100 de ALCAD (34).



Ilustración 50: Toma final cables coaxiales

6.3 Tecnologías de acceso basadas en redes de fibra óptica

A continuación, se explicarán las características que tiene la tecnología de acceso basada en redes de cables de fibra óptica en este proyecto. La finalidad de esta red de distribución es dar servicio de telefonía y de banda ancha a los diferentes propietarios del inmueble.

En la época de los antiguos griegos, ya estos usaban espejos para transmitir información de una manera rudimentaria, permitiendo que esto se llevara a cabo con la luz solar.

Pero se puede decir que la historia de la fibra óptica se inicia cuando el físico irlandés John Tyndall descubrió, en el siglo XIX, que la luz puede viajar a través de agua. Se podría considerar este momento como el punto de inflexión donde se visualizó el potencial del cristal para la transmisión a largas distancias (64).

Casi un siglo más tarde, en 1952, el físico Narinder Singh Kapany, se apoyó en los estudios de Tyndall e inventó la fibra óptica. Sin embargo, en esa época no existía la fibra que hoy conocemos. Además, los usos que se le dio no son los de la actualidad, al principio, se utilizó para la transmisión de imágenes en el endoscopio médico.



Ilustración 51: Dispositivo óptico para realizar endoscopias

Es en los años 60 cuando se empieza a apreciar las posibilidades de este nuevo método de transmisión en las comunicaciones. La invención del láser en esta década fue el detonante que la investigación de los cables transmisores de vidrio se empezará a investigar.

Otro detonante fue estudio de Kao y Hockman en 1966 en la investigación de este material que condujo a la revolución de las comunicaciones. Este estudio concluía que la atenuación observada hasta entonces en las fibras de vidrio, no se debía a mecanismos intrínsecos sino a impurezas originadas en el proceso de fabricación. En ese momento es cuando se empieza a sustituir la electricidad y los conductores mecánicos por el vidrio y la luz en las líneas telefónicas.

Además, fue este estudio el que originó que muchos físicos empezaran a investigar sobre la atenuación, por lo que durante toda la década de los 70 hubo diversos experimentos y estudios en los que la atenuación iba bajando cada vez más. Todo ello hizo que la fibra óptica fuera mejorando cuantas más investigaciones se hacían (65).

En 1980, los científicos Payne y Desurvire inventan un amplificador óptico con el que se hizo más eficiente las comunicaciones interurbanas. Durante esta década, se empieza a construir infraestructuras de telecomunicaciones que va conectando poco a poco a todo EEUU. A final de los años 80, la fibra óptica atraviesa el océano para conectar América con otros continentes como Europa.

El principio de funcionamiento de la fibra óptica se basa en la ley de Snell, que permite calcular el ángulo de refracción de la luz al pasar de un medio a otro con diferente ángulo de refracción, de esta manera los haces de luz quedan confinados propagándose en el núcleo, permitiendo transportar la información.

El cable de fibra óptica está compuesto por dos conductores concéntricos. Uno central llamado núcleo, cuya función es llevar la información y otro exterior llamado malla o blindaje, que tiene como propósito servir como referencia de tierra. En el medio de los dos conductores hay una capa aislante que se llama dieléctrico. Una de sus principales características es que es un medio perfecto para enviar grandes cantidades de información de alta calidad en poco tiempo.

Algunas de las ventajas que presenta este cable en comparación con el resto de los tipos de cables mencionados anteriormente (66), que son los que se han usado tradicionalmente durante el desarrollo de las redes de telecomunicaciones, son las siguientes:

- La velocidad de transmisión de datos por fibra óptica es mucho más rápida. Si en el uso de otros tipos de cables se puede alcanzar una velocidad máxima de 100Mb/s, en uno de fibra óptica se ha llegado tradicionalmente a 10Gb por segundo. Hay que destacar que hoy en día existe una gran exploración de este campo para multiplicar esta velocidad hasta varios terabytes. Es decir, esto implica una conexión a Internet más rápida, una descarga de archivos grandes en pocos minutos y la posibilidad de hacer un backup online sin consumir demasiado ancho de banda.
- Se mejora el ancho de banda, es decir la cantidad de información que se puede enviar en una misma unidad de tiempo.
- Las redes de fibra óptica son capaces de evitar las interferencias electromagnéticas, lo que evitará problemas de bajada de la velocidad, cortes de la conexión, cruce de conversaciones por teléfono, etc.
- La fibra óptica permite mejorar la calidad de los formatos de vídeo y sonido.
- Proporciona una red más segura, ya que con una red de fibra óptica el intrusismo se detecta con mucha facilidad, de modo que no resulta nada sencillo el robo o intervención en las transmisiones de datos.



Ilustración 52: La fibra óptica se va expandiendo a cada hogar

Se podría concluir que la fibra óptica es el mejor medio para transmitir información en la actualidad. Se calcula que más del 80% del tráfico de datos en internet se transporta mediante estos cables, cuyo recorrido se extiende a lo largo de 25 millones de kilómetros en todo el mundo. Y la cifra que no para de crecer, poco a poco esta fibra va llegando a todos los hogares y la previsión es que este tipo de cable sustituya al cable coaxial y de par trenzado.

Aunque, la fibra óptica es el presente y el futuro más cercano de las telecomunicaciones y de la transmisión de información, parece ser que en el futuro no está en los cables sino en el aire.

Todo apunta a que tendrá un gran competidor y que la tecnología del futuro es el sistema Li-Fi. Igual que la fibra óptica, el Li-Fi también aprovecha la luz para interpretar información, pero en este caso no se conduce por ningún canal físico.

6.3.1 Previsión de la demanda

Para empezar el dimensionamiento de esta tecnología primero hay que hacer una previsión de la demanda, que vendrá condicionado con la presencia de los operadores, por la tecnología de acceso que utilicen estos operadores y por la aplicación de los criterios de la previsión de demanda establecidos en el RD 346/2011.

Primero que todo, como se ha comentado en cables trenzados y en coaxiales, se ha decidido que para esta edificación haya o no presencia de algún operador se realizará igualmente la instalación de todas las tecnologías de acceso.

Por tanto, se realizará el cálculo de acometidas necesarias en la edificación siguiendo las indicaciones del RD 346/2011 (4) que podemos ver en la siguiente Tabla 30: Dimensionamiento de la demanda:

REDES DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA			
ACOMETIDA			Acometida = 2 Fibras Ópticas
VIVIENDAS			1 acometida / vivienda
LOCALES U OFICINAS	Edificación Mixta con viviendas y locales comerciales u oficinas	Distribución definida	1 acometida / local u oficina
		Distribución no definida	1 acometida mínimo / 33 m ² útiles
	Edificación destinada fundamentalmente a locales u oficinas	Distribución definida	2 acometida / local u oficina
		Distribución no definida	2 acometida mínimo / 100 m ² útiles
ESTANCIAS COMUNES DE LA EDIFICACIÓN			2 acometidas / edificación

Tabla 30: Dimensionamiento de la demanda

Teniendo en cuenta de que no existen zonas comunes en la edificación y que el área destinada para los locales comerciales está distribuida de forma que habrá 5 locales comerciales, se necesitará un total de 35 acometidas para la edificación, 30 destinadas a viviendas y las 5 restantes a locales comerciales.

6.3.2 Dimensionamiento mínimo de la red de alimentación.

Según lo establecido en el RD 346/2011 el diseño y dimensionamiento de esta red, así como su instalación, será responsabilidad del operador del servicio, sea cual sea la tecnología de acceso que utilice para proporcionar los servicios. Además, cada operador puede facilitar el respaldo del servicio de la red de alimentación como considere oportuno.

6.3.3 Dimensionamiento mínimo de la red de distribución

Esta edificación estará formada por 3 verticales, las cuales deberán de ser tratadas como una red de distribución independiente.

El RD 346/2011. indica que se debe de dimensionar la red de distribución multiplicando la cifra de demanda prevista, calculada en el apartado anterior, por el factor 1,2, con la finalidad de asegurar suficientes acometidas de reserva para prever posibles averías de alguna acometida o alguna desviación por exceso en la demanda de acometidas.

Como podemos ver en la Tabla 32: Distribución cables multifibra, el total de acometidas necesarias es de 43, pero al tratarse de una edificación lujosa se incluirá en el diseño una acometida de reserva en plantas alternas, aunque esto suponga un sobredimensionamiento de la red. Así que se instalará un total de 60 acometidas, 30 para viviendas y 5 para locales

comerciales y las 25 acometidas restantes son las destinadas a cables de reserva. Estas 60 acometidas corresponden a 120 fibras ópticas.

	Acometidas Bloque A	Acometidas Bloque B	Acometidas Bloque C
Viviendas	11	13	6
Locales Comerciales	2	2	1
Acometidas Previstas	13	15	7
Coefficiente de Corrector	1.2	1.2	1.2
Acometidas Necesarias	15.6 → 16	18	8.4 → 9
Total Acometidas Previstas	20 (40 F.O)	24 (48 F.O)	16 (32 F.O)
Total Acometidas			60
Total Fibras Ópticas			120

Tabla 31: Dimensionamiento mínimo de la red de distribución

De esta forma se obtiene el número teórico de fibras ópticas necesaria, un total de 120.

Aunque el RD 346/2011 (1) indica que se puede realizar la red de distribución/dispersión con cables de acometidas de dos fibras ópticas directamente desde el punto de interconexión si el número de PAUs de cada vertical es inferior a 20, se ha decidido usar cables multifibra.

Destacar que una de las novedades que se han introducido en el RD RD 346/2011 (1) es que ha pasado de un límite de 15 a 20 PAUs. Incluso admite el uso de acometidas de dos fibras en los casos en que la canalización principal que se diseñe lo permita.

Uno de los motivos por el cual se ha elegido usar cables multifibra, además de ahorro en el coste, evitar tener que diseñar unas canalizaciones más grandes que permitan el paso de todas las acometidas.

Por tanto, la red de distribución de fibra óptica se hará en estrella mediante cables multifibra de 24 o 16 fibras ópticas que partirán desde el punto de interconexión situado en el Registro Principal en el RITI y terminarán en las cajas de segregación ubicadas en los registros secundarios de cada planta. Además, en las cajas de segregación quedarán almacenados los cables de fibra óptica de reserva con longitud suficiente para llegar hasta el PAU más alejado de la planta.

Este diseño permite espacio en el caso que sea necesario alimentar con este tipo de cable a alguno de los ascensores de la edificación.

La red de distribución total estará formada por 3 cables multifibra de 24 fibras ópticas y 3 cables multifibra de 16 fibras ópticas. Quedarán distribuidos de la siguiente forma:

BLOQUE A	BLOQUE B	BLOQUE C
1 Cable Multifibra de 16 FO 1 Cable Multifibra de 24 FO	2 Cables Multifibra de 24 FO	2 Cables Multifibra de 16 FO
26 FO para Viviendas y Locales 14 FO de Reserva	30 FO para Viviendas y Locales 18 FO de Reserva	14 FO para Viviendas y Locales 18 FO de Reserva

Tabla 32: Distribución cables multifibra

Se ha decidido poner las acometidas de reserva en las últimas platas, con esto se asegura que tengan una mayor longitud y por tanto en caso de necesitar estas acometidas para otra planta, tendrán una holgura suficiente.

Además, también se ha tenido en cuenta que los micromódulos que forman los cables multifibra, se usen en una misma planta. Es decir, se abrirá un micromódulo para una única planta, de esta forma se previene posibles problemas además de mejorar la organización y facilitar la identificación de cada fibra.

6.3.4 Dimensionamiento mínimo de la red de dispersión

Los puntos de distribución serán las cajas de segregación ubicadas en los registros secundarios de cada planta, desde aquí saldrá la red de dispersión, que estará formada por tantos packs de 2 fibras ópticas como sean necesarios para atender a las viviendas y locales comerciales que haya en dicha planta.

La red de distribución y dispersión tendrá la estructura que podemos ver en la Ilustración 53: Red de fibra óptica.

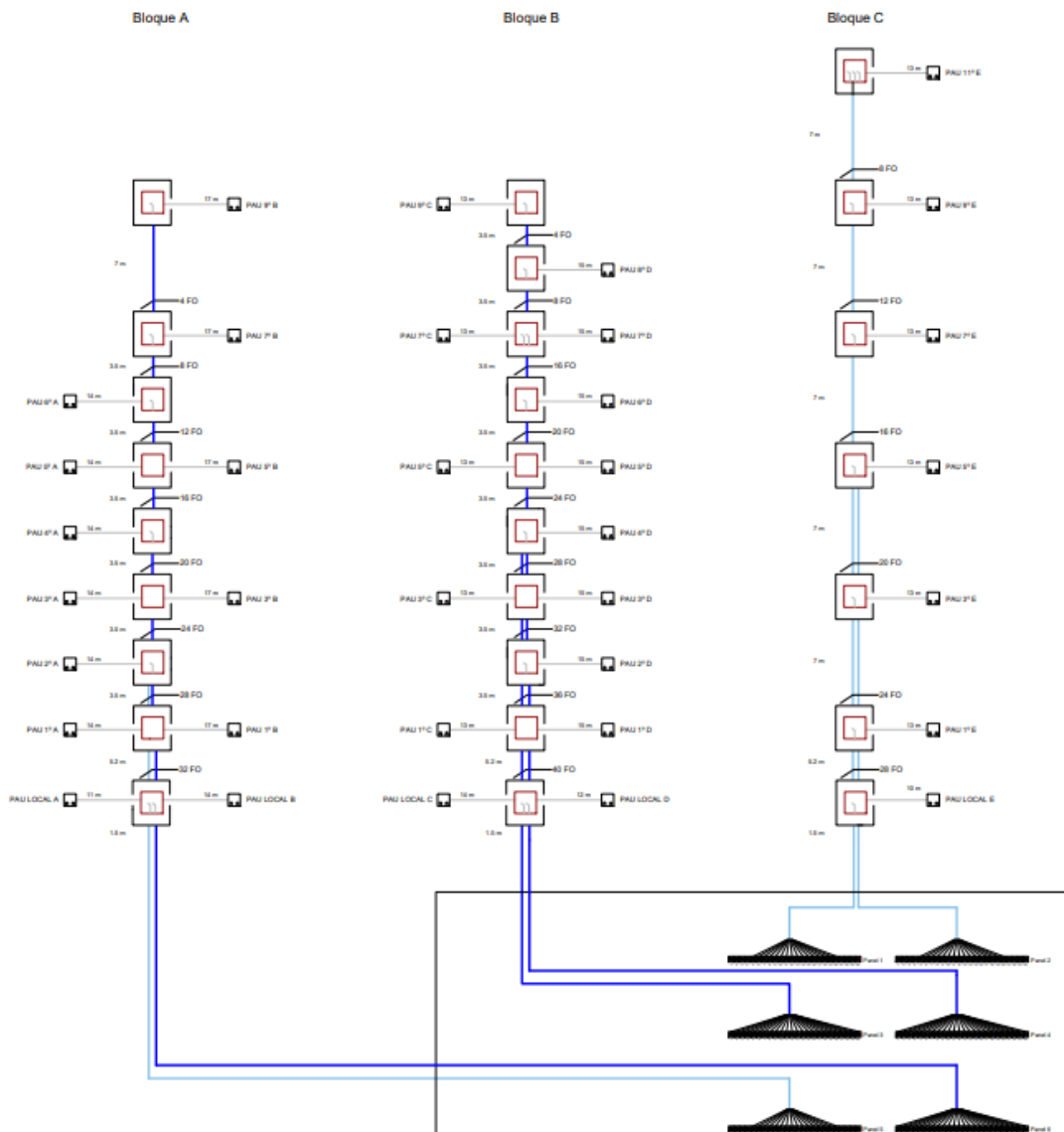


Ilustración 53: Red de fibra óptica

6.3.5 Dimensionamiento mínimo de la red de interior del usuario

Una de las últimas novedades que introduce el RD 346/2011 es especificar que también se tiene que hacer el dimensionado de la red de interior del usuario.

Se especifica que debe de ir una toma en la estancia principal de las viviendas, y que esta estancia principal debe de ser el salón. Exactamente se debe de dimensionar la toma próxima al registro BAT de pares trenzados con dos tomas y debe situarse a menos de 50 cm de alguna de estas dos.

En los locales comerciales no se instalarán tomas al no estar definida la distribución interior en estancias siendo responsabilidad de la propiedad el diseño y dimensionamiento, así como la realización futura de la red interior de usuario cuando se ejecute el proyecto de distribución en estancias. La edificación no dispone de estancias comunes.

Por tanto, el número total de tomas necesarias en viviendas es de 30. La distribución de las tomas se detalla en los Planos del Anexo I.

6.3.6 Cálculo de los parámetros básicos de la instalación

Para el cálculo de la atenuación de cada una de las ramas que constituyen la red de distribución y dispersión, se ha considerado la atenuación del cable, la de los conectores SC/APC que se instalarán en ambos extremos del cable (aportan 0.5 dB entre los dos) y la de los 3 empalmes: uno en el punto de interconexión, otro en el registro secundario y otro en el PAU (cada uno aportan 0.3 dB).

Dependiendo de si el cable utilizado es el cable multifibra de 24 o 16 fibras ópticas se tendrá una atenuación o otra. El cable multifibra de 24 fibras ópticas aportan una atenuación de 0.35 dB/Km a 1310 nm, 0.28 dB/Km a 1490 nm y 0.21 dB/Km a 1550 nm. El cable multifibra de 16 fibras ópticas aporta una atenuación de 0.4 dB/Km a 1310 nm, 0.35 dB/Km a 1490 nm y 0.3 dB/Km a 1550 nm.

Se ha seguido la siguiente expresión:

$$\alpha_{Total} = \alpha_{Cable} \cdot distancia_{RITI-RTR} (m) + \alpha_{PI} + \alpha_{RS} + \alpha_{PAU}$$

Las atenuaciones están comprendidas entre los valores que se muestran en la Tabla 33: Atenuación Fibra Óptica. Como se puede ver en ningún caso se supera el valor máximo establecido por el Real Decreto 346/2011 de 1.55 dB.

Vivienda	Atenuación	Atenuación	Atenuación
	1310 nm	1490 nm	1550 nm
Bajo Comercial E, Bloque C	1.4046 dB	1.4040 dB	1.4034 dB
9ª B, Bloque A	1.4324 dB	1.4259 dB	1.4194 dB

Tabla 33: Atenuación Fibra Óptica

6.3.7 Materiales necesarios para la red de cables de Fibra Óptica

Las características de todos los materiales que se utilizarán se indican con más detalle en el Anexo del proyecto en la sección Pliego de Condiciones, pero a continuación tenemos un resumen de todos ellos:

1. **Panel de conectores de salida:** Se instalarán paneles de salida en el punto de interconexión para atender a la totalidad de la red de distribución de la edificación. Exactamente se instalarán 6 paneles con capacidad de 24 conectores SC/APC. Habrá una capacidad de 144 conexiones por tanto suficiente para las 120 conexiones necesarias. Además, habrá espacio suficiente por si es necesario alguna conexión extra para los ascensores de la edificación. Se usarán los paneles de Televes con referencia 533152 (67).



Ilustración 54: Panel para Fibra Óptica

2. **Conectores SC/APC:** Cada una de las fibras ópticas de cada vivienda y cada local comercial quedará terminada en sus dos extremos mediante un conector SC/APC. Pero las fibras de reserva quedarán únicamente conectadas en su extremo inferior con un conector SC/APC. Por tanto, se instalarán 190 conectores SC/APC, 120 en el punto de interconexión y 70 en los PAUs. Se usarán los del modelo 2329 de Televes (68).



Ilustración 55: Conectores para fibra Óptica

3. **Adaptadores SC/APC.** Los conectores SC/APC necesitarán un adaptador para ser instalados en los paneles de conexión y en la roseta óptica del PAU. Por tanto, también se instalarán 190 adaptadores, 120 en el punto de interconexión y 70 en los PAUs. Se usará los del modelo 233203 de Televes (69).



Ilustración 56: Adaptadores SC/APC

4. **Cables:** Se tenderá un total de 420 metros de cable multifibra para la red de distribución y dispersión, 210 metros del cable multifibra de 24 fibras ópticas (70) y otros 210 metros del cable multifibra de 16 fibras ópticas (71). Se usarán los siguientes cables:

Referencia	Atenuaciones (dB/Km)		
	1310 nm	1550 nm	
Multifibra de 16 FO	Televes 231414 (71)	0.4	0.3
Multifibra de 24 FO	Televes 231714 (70)	0.35	0.21



Ilustración 57: Multifibra de 24 y 16 fibras ópticas

5. **Cajas de segregación:** Se instalará una caja de segregación de 16 fibras ópticas en cada uno de los registros secundarios de cada planta, donde se empalmarán los cables multifibra y saldrán hacia cada PAU los cables necesarios para las viviendas y locales comerciales. Así mismo, se almacenarán los bucles de las fibras ópticas de reserva. Se necesitarán un total 26 cajas de segregación de 16 fibras ópticas del modelo 231301 de Televes (72), una en cada planta donde hay al menos una vivienda o local comercial.



Ilustración 58: Registro secundario compacto de fibra óptica

6. **Puntos de Acceso al Usuario (PAU):** El punto de acceso al usuario estará formado por una roseta óptica. El número de rosetas ópticas necesarias será de 35, exactamente se usarán de 4 salidas. Se ha elegido los que contienen 4 fibras ópticas de 70 metros para las viviendas simplex (el modelo 231536 de Televes (73), de 85 metros para las viviendas dúplex (modelo 231535 (73) de Televes) y de 100 metros para los locales comerciales (el modelo 231536 (73) de Televes).



Ilustración 59: Pau de fibra óptica preconectorizado

7. **Bases de Acceso al Terminal (BAT):** Se dispondrá una roseta de fibra óptica o BAT de fibra óptica, terminado con un adaptador SC/APC. Este adaptador estará alimentado por 1 fibra óptica que terminará en un conector SC/APC conectado a uno de los adaptadores SC/APC de la roseta de fibra óptica situada en el PAU. Exactamente, las tomas de fibra óptica estarán formadas por un elemento modular que permite la instalación de un adaptador de fibra óptica del tipo SC/APC hembra en una carátula de toma del tipo RJ45, conformando conjuntamente una toma terminal de fibra óptica. Por tanto, se usarán 30 módulos Keystone del modelo 233230 de Televes (74).



Ilustración 60: Módulo Keystone para adaptación de tomas de fibra óptica

7 CANALIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA DE DISTRIBUCIÓN

La canalización e infraestructura es la encargada de soportar los servicios de telecomunicaciones contemplados en este proyecto, por tanto, a continuación, se detallarán los elementos necesarios para soportar la ICT detalla anteriormente de este proyecto.

El edificio objeto de este proyecto obliga a utilizar 3 verticales para dar servicio a los 3 bloques de viviendas. Esto supone tres canalizaciones principales verticales (una en cada bloque). En cambio, solo necesitaremos una canalización principal horizontal en la planta baja para la distribución de los servicios STDP y TBA, ya que para la distribución del servicio de RTV se ha realizado una infraestructura independiente para cada bloque. La canalización horizontal interconectará con las canalizaciones verticales de cada bloque.

7.1 Diseño y dimensionamiento

A continuación, se detalla las características de cada uno de los componentes que forman la infraestructura de la edificación.

7.1.1 Arqueta de entrada

Según indica el RD 346/2011 en función del número de PAUs de la edificación, la arqueta de entrada deberá de tener un tamaño u otro. En la siguiente tabla se puede ver que las dimensiones mínimas de la arqueta de entrada que son necesarias para esta edificación son 60x60x80 cm.

Número de PAU en la edificación	Dimensiones en mm (longitud x anchura x profundidad)
Hasta 20	400x400x600
De 21 a 100	600x600x800
Más de 100	800x700x820

Tabla 34: Dimensiones arqueta de entrada

7.1.2 Canalización externa

La canalización externa es la que va desde la arqueta de entrada hasta el punto de entrada general de la edificación. Según lo establecido por el RD 346/2011 estará formada por tubos de 63 mm de diámetro exterior. En la siguiente tabla se puede ver el número de tubos necesarios para esta edificación y la utilidad que tendrán.

Número de PAU	Número de tubos	Utilización de tubos
Hasta 4	3	2 TBA + STDP, 1 Reserva
De 5 a 20	4	2 TBA + STDP, 2 Reserva
De 21 a 40	5	3 TBA + STDP, 2 Reserva
Más de 40	6	4 TBA + STDP, 12Reserva

Tabla 35: Dimensiones canalización externa

7.1.3 Canalización y Registro de enlace inferior

El Registro de enlace inferior asociado al punto de entrada general, realiza la unión de las canalizaciones externas y las de enlace inferior por las que discurren los Servicios de Telecomunicaciones de Telefonía Disponible al Público y de Banda Ancha, con redes de alimentación por cable. Se situará en la parte interior de la fachada para recibir los tubos de la canalización externa. De este registro parte la canalización de enlace inferior que cambia de dirección para acceder al RITI, el cual esta situado en el Bloque C de la edificación.

Las dimensiones mínimas del Registro de enlace inferior son 450x450x120 mm (alto x ancho x profundo). Sus características se definen en el Pliego de Condiciones.

La canalización de enlace inferior comienza en el registro de enlace situado en la parte interior de la fachada y termina en el RITI. Dado el número de viviendas y locales de la edificación, se considera que será suficiente la utilización de tubos de 63 mm de diámetro exterior. Se empleará el mismo número de tubo que en la canalización exterior, es decir, 5 tubos de 63 mm de diámetro. Se ha comprobado que no se supera una ocupación del 50% de la superficie útil de los tubos. De esta forma se concluye que los 5 tubos de 63 mm estarán distribuidos de la siguiente forma:

- 3 conductos para STDP y TBA
- 2 conductos de reserva

7.1.4 Canalización y Registros de enlace superior

Habrán 3 registros de enlace superior, uno en cada uno de los bloques de la edificación. Tendrán unas dimensiones mínimas de 360x360x120 mm (alto x ancho x profundo). Se colocarán en la pared de acceso del RITS de cada bloque, exactamente en la cubierta, en el punto de entrada a la canalización de enlace superior.

La canalización de enlace superior comienza en el registro de enlace superior situado en la parte interior de la cubierta que y termina en el RITS. Como se ha mencionado anteriormente, cada uno de los diferentes bloques de la edificación tendrá su propio registro de enlace superior y por tanto su propia canalización de enlace superior.

Las canalizaciones de enlace superior de cada bloque estarán compuestas por 2 tubos de 40 mm de diámetro exterior, distribuidos de la siguiente forma:

- 1 conducto para cables de RTV
- 1 conducto para cables de Servicio de Acceso Inalámbrico (SAI)

7.1.5 Recintos de instalaciones de telecomunicación

Una de las últimas novedades que establece el RD 346/2011 es que se permite el uso de un recinto de instalaciones de telecomunicaciones único -A (RITU-A), es decir como el RITU pero ampliado, en edificios más grandes, de hasta 30 PAUs o que tengan menos de 16 PAU pero más de 3 alturas.

Además, también se ven modificadas las dimensiones mínimas del RITI y del RITS. En la siguiente tabla podemos ver las dimensiones mínimas que deberán tener:

Número de PAU	Altura (mm)	Anchura (mm)	Profundidad (mm)
Hasta 20	2.000	1.000	500
De 21 a 45	2.000	1.500	500
De 46 a 74	2.300	2.000	1.000
Más de 74	2.300	2.000	2.000

Tabla 36: Dimensiones Recintos de instalaciones de Telecomunicaciones

Para el RITI, como se ha mencionado, habrá un único recinto para toda la edificación y se situará en la planta baja del bloque C. Y se ha decidido que sus dimensiones mínimas sean: 2.3 x 2 x 1 m.

Como se ha comentado, cada bloque tendrá su propio RITS, así que se hará el dimensionamiento como 3 bloques independientes y por tanto se ha decidido que tendrán que tener unas dimensiones mínimas de 2 x 1 x 0.5 m.

7.1.6 Registros Principales

Habrà 3 registros principales ubicados en el RITI, el registro de pares trenzados, cables coaxiales y de cables de fibra óptica.

Para todos estos registros se dejarà espacio suficiente para el caso que se necesite alguna conexión extra para los ascensores.

El registro de pares trenzados tendrá suficiente espacio para albergar las redes de alimentación y los paneles de conexión de salida. Además, al tener un número de PAUs mayor que 10 se ha deberá tener como mínimo la capacidad de albergar una y media veces el número de los conectores de salida. Así que El Registro principal para Red de Cables de Pares Trenzados será una caja de 460 x 600 x 450 mm.

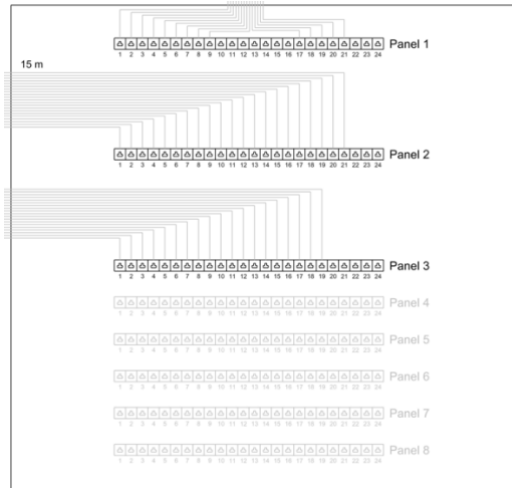


Ilustración 61: Registro Principal Trenzados

Para el registro principal de cables coaxiales se contará con el espacio suficiente para permitir la instalación de elementos de reparto Así que El Registro principal para Red de Cables Coaxiales será una caja de 370 x 600 x 450 mm.

Por último, el registro principal de cables de fibra óptica contará con espacio suficiente para albergar el repartidos de conectores de entrada y los conectores de salida.

Además, el espacio interior previsto para el registro principal óptico deberá ser suficiente para permitir la instalación de una cantidad de conectores de entrada que sea dos veces la cantidad de conectores de salida que se instalen en el punto de instalación. Así que, el Registro Principal para Red de Cables de Fibra Óptica es una caja de 1200 x 600 x 600 mm.

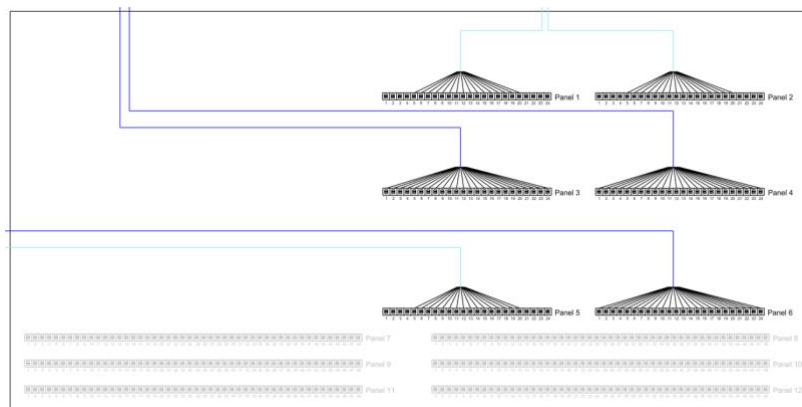


Ilustración 62: Registro Principal Fibra Óptica

7.1.7 Canalización principal

Como se ha comentado, dispondremos de tres canalizaciones principales verticales, por las que discurrirán entre los registros secundarios de la planta más alta y la planta baja de cada bloque. Además de una canalización principal horizontal la cual viajará por las plantas bajas y alojará las redes de STDP y TBA.

Según lo establecido en el RD 346/2011 las canalizaciones principales estarán formadas por tubos de 50 mm de diámetro exterior. El número de cables por tubo será tal que la suma de las superficies de las secciones transversales de todos ellos no supere el 50% de la superficie de la sección transversal útil del tubo. Además, su dimensionamiento mínimo será:

Número de PAU	Número de tubos	Utilización
Hasta 10 (Bloque C)	5	1 tubo de RTV 1 tubo pares trenzados 1 tubo cables coaxiales 1 tubo fibra óptica 1 tubo de reserva
De 11 a 20 (Bloque A y B)	8	1 tubo de RTV 1 tubo pares trenzados 2 tubo cables coaxiales 1 tubo fibra óptica 1 tubo de reserva
De 21 a 30	7	1 tubo de RTV 1 tubo pares trenzados 2 tubo cables coaxiales 1 tubo fibra óptica 2 tubo de reserva
Más de 30 (Horizontal)	Cálculo específico	1 tubo de RTV 1 tubo/ 20 PAUs pares trenzados 2 tubo cables coaxiales 1 tubo fibra óptica 1 tubo de reserva/ 15 PAUs
Ascensor	1	1 tubo/ Ascensor de 25 mm

Tabla 37: Dimensionamiento mínimo Canalización Principal

Por un lado, para la canalización horizontal que transcurre por la planta baja de todos los bloques, para su dimensionamiento se ha tenido en cuenta que ha un total de 35 PAUs en toda la edificación. Además, habrá que tener en cuenta la nueva normativa que se ha añadido sobre ascensores.

Por tanto, el dimensionamiento de la canalización horizontal quedará de la siguiente forma:

- 3 tubo para Cables de Par Trenzado de 50 mm.
- 1 tubos para Cables Coaxiales para TBA de 50 mm.
- 1 tubo de fibra óptica de 50 mm.
- 3 tubos de Reserva de 50 mm.
- 3 tubos para los ascensores de 25 mm.

Para el dimensionamiento de cada una de las canalizaciones verticales, se tendrá que tener en cuenta el número de PAUs que tiene cada bloque, 13 PAUs en el bloque A, 15 PAUs en el bloque B y 7 PAUs en el bloque C. Por tanto, el dimensionamiento de cada canalización vertical estará formado por tubos de 50 mm y quedará de la siguiente forma:

BLOQUE A	BLOQUE B	BLOQUE C
1 Tubo para RTV	1 Tubo para RTV	1 Tubo para RTV
1 Tubo para Trenzados	1 Tubo para Trenzados	1 Tubo para Trenzados
2 Tubo para Coaxial	2 Tubo para Coaxial	1 Tubo para Coaxial
1 Tubo para Fibra Óptica	1 Tubo para Fibra Óptica	1 Tubo para Fibra Óptica
1 Tubo de reserva	1 Tubo de Reserva	1 Tubo de Reserva

Tabla 38: Dimensionamiento Canalización Principal Vertical

7.1.8 Registros secundarios

Son cajas o armarios, que se intercalan en la canalización principal en cada planta y en los cambios de dirección, y que sirven para poder segregar en la misma todos los servicios. Las canalizaciones principales verticales entran por la parte inferior del RS irrumpiendo por el registro y continuando por la parte superior hasta el RS siguiente hasta finalizar el RITS.

Esta edificación estará formada por registros de cambios de dirección en todas las primeras y últimas plantas de cada bloque.

Según lo establecido en el RD 346/2011 para dimensiones de estos registros secundarios, para esta edificación en particular habría que tener en cuenta:

- Las dimensiones mínimas serán 450x450x150 mm en las edificaciones con un número de PAU por planta igual o menos que 3 y hasta un total de 20 en la edificación. Este tamaño de registros secundarios son los que se tendrá en cuenta en todas las plantas a excepción de las plantas bajas, ya que la edificación tiene 3 canalizaciones verticales independientes para cada bloque.
- Las dimensiones mínimas serán 550x1000x150 mm en las edificaciones con un número de PAU mayor a 30. Por tanto, este será el tamaño mínimo que tendrán que tener los registros secundarios de las plantas bajas, ya que por estos circula la canalización horizontal común para toda la edificación, que esta dimensionada para 35 PAUs.

Por tanto, para este caso en particular se dispondrán de tres tipos de Registros Secundarios:

- 3 registros secundarios de las plantas bajas de cada bloque, de cambio de dirección con unas dimensiones mínimas de 550 x 1000 x 150 mm.
- 20 registros secundarios de otras Plantas, con unas dimensiones mínimas de 450 x 450 x 150 mm.
- 3 registros secundarios de cambio de dirección en las últimas plantas de cada bloque, con unas dimensiones mínimas de 450 x 450 x 150 mm.

7.1.9 Canalización secundaria

Es la que soporta la red de dispersión. Conecta los registros secundarios con los registros de terminación de red en el interior de las viviendas o locales comerciales.

Siguiendo lo establecido en el RD, estará formada por 4 tubos que van directamente desde cada RS de planta al RTR de cada vivienda y local comercial de planta con la siguiente funcionalidad y diámetro exterior:

- Para alojar el cable de par trenzado: 1 tubo de 25 mm.
- Para alojar el cable coaxial de TBA: 1 tubo de 25 mm.
- Para alojar los dos cables coaxiales de RTV: 1 tubo de 25 mm.
- Para alojar el cable de fibra óptica: 1 tubo de 25 mm.

7.1.10 Registros de Paso

Se utilizan en las canalizaciones secundarias cuando hay cambio de dirección o esta es mayor de 15 metros.

En este caso, la canalización secundaria, desde el RS hasta el RTR en las plantas de viviendas es casi rectilínea y de menos de 15 metros, por tanto, no son necesarios registros de paso en la misma. A excepción de la canalización secundaria que va desde el RS de la planta al RTR de las viviendas Tipo B que supera los 15 metros. A continuación, se refleja las dimensiones mínimas de los registros de paso, según lo establecido en el RD 346/2011:

Registro	Dimensiones	Nº Entradas lateral	Diámetro tubo (mm)
Tipo A	360x360x120	6	40
Tipo B	100x100x40	3	25
Tipo C	100x160x40	3	25

Tabla 39: Tipos de Registro de paso

Por tanto, se usará un registro de paso tipo A ya que se trata de una canalización secundaria en un tramo comunitario. Este registro de paso tendrá unas dimensiones mínimas de 360 x 360 x 120 mm (altura x anchura x profundidad), las entradas mínimas en cada lateral serán de 4 y el diámetro máximo de los tubos de entrada serán de 25 mm. Se necesitará un total de 5 registros de paso con estas características para las 5 viviendas tipo B de la edificación.

7.1.11 Registros de Terminación de Red

Los registros de Terminación de Red conectan la red de dispersión con la red interior de usuario. En estos registros se alojan los puntos de acceso de usuario (PAU) de los distintos servicios, que separan la red comunitaria de la privada de cada usuario.

Siguiendo las directrices del RD 346/2011, se ha decidido que los registros de terminación de red estarán empotrados en el tabique, así que tendrán unas dimensiones mínimas de 500x600x80 mm.

El número total de Registros de Terminación de red necesarios en la edificación es de 35.

7.1.12 Canalización Interior de Usuario

La canalización interior de usuario es la que soporta la red interior de usuario y estará realizada por tubos, empotrados por el interior de la vivienda que unen el RTR con los distintos Registros de Toma. Según lo establecido en el RD 346/2011 estará formada por tubos de un diámetro exterior de 20 mm.

7.1.13 Registro de Toma

Son cajas empotradas en la pared donde se alojan las bases de acceso terminal (BAT). En cada vivienda se necesitarán como mínimo los siguientes:

- En las proximidades del RTR se situará un registro para una toma configurable. En el caso de las viviendas con dos plantas (vivienda tipo B, C y E) pondremos dos registros de toma configurable, uno en cada planta de la vivienda.
- En todas las estancias se colocará un registro de toma para los servicios de RTV.
- En todas las estancias se colocará un registro de toma para los servicios de cable de par trenzados. Y exactamente en las siguientes estancias, estos registros de toma serán dobles:
 - Viviendas Tipo A: Salón, Dormitorio 1 y Dormitorio 3.
 - Viviendas Tipo B, C y D: Salón, Despacho, Salita y Dormitorio 1.
 - Viviendas Tipo D: Salón, Dormitorio 1 y Despacho.
- Se necesitarán 3 registros de toma para los servicios de cable coaxial, estos se pondrán en las siguientes estancias:
 - Viviendas Tipo A: Salón, Dormitorio 1 y Dormitorio 3.
 - Viviendas Tipo B, C y D: Salón, Despacho y Salita.
 - Viviendas Tipo D: Salón, Dormitorio 1 y Despacho.
- En el salón de todas las viviendas se instará un registro de toma para fibra óptica.

Hay que recordar que se ha realizado el dimensionamiento teniendo en cuenta que la estancia salón-cocina se ha considerado que son dos estancias independientes. Además, se ha considerado que la terraza es una estancia.

7.1.14 Ascensores

La previsión de la demanda que se haga para los ascensores estará en consonancia con la normativa específica aplicable a este tipo de instalaciones, en particular por razones de seguridad. Para el suministro de servicios adicionales, de cortesía u otros, la previsión de la demanda podrá hacerse libremente.

En cualquier caso, en el cuarto de máquinas de cada ascensor, caja de mecanismos de control o espacio equivalente, se instalará una canalización constituida por un tubo de 25 mm de diámetro que, partiendo del registro principal del RIT1 y dotado del correspondiente hilo guía, terminará en un registro de toma provisto de tapa ciega. En los paneles de conexión de salida situados en los registros principales, para todas las tecnologías que se instalen, se ha hecho la previsión correspondiente para dar servicio a dicha estancia.

8 PRESUPUESTO

El presupuesto de un Proyecto es una herramienta imprescindible para una buena organización. Además, el control de costes esta presente en cualquier proyecto desde el principio, incluso en las fases iniciales de diseño. Muchas de las decisiones de diseño tomadas en este proyecto se han tenido en cuenta la repercusión que tendría en el coste total. Por ejemplo, cuando el diseño y las características de la edificación lo han permitido se ha intentado escoger el cableado más apropiado desde el punto de vista técnico, pero también teniendo en cuenta el coste que tenía.

Otro ejemplo, sería que para el diseño de RTV se hicieron varias iteraciones con cables diferentes para evitar el uso en toda la instalación del cable TR-165, pero finalmente las características de la edificación no lo han permitido. O incluso se intento inicialmente tener una única cabecera para RTV.

El presupuesto final del proyecto es de 92.515,12 €. Se ha desglosado en 4 bloques principales:

Presupuesto Total: 92.515,12 €.			
Material	Instalación	Diseño ICT	Dirección ICT
56.532,12€	22.980€	3.000€	10.000€

Tabla 40: Presupuesto Total

- **Material:** Aquí se incluye todo el material necesario para la implementación de la ICT.
- **Instalación:** Este bloque implica toda la mano de obra necesaria para la instalación de la ICT. Se ha considerado que el precio medio por hora serán 30€. Y se han aproximado un total de 766 horas necesarias para la implementación.
- **Diseño ICT:** Se ha considerado estos honorarios para el Ingeniero de Telecomunicaciones encargado del diseño de la ICT de la edificación. Se ha considerado que por la complejidad del edificio debía de tener un coste base de 1.400€, además por cada vivienda 50€ y por cada local comercial 20€.
- **Dirección de la ICT:** Además los honorarios del seguimiento y dirección de la implementación de la ICT. Será el encargado de todos los tramites necesarios hasta la implementación y certificación final de la ICT.

A continuación, se representan los porcentajes sobre el coste total que representa cada bloque, como se puede ver la gran parte se la lleva el material necesario para la implementación:

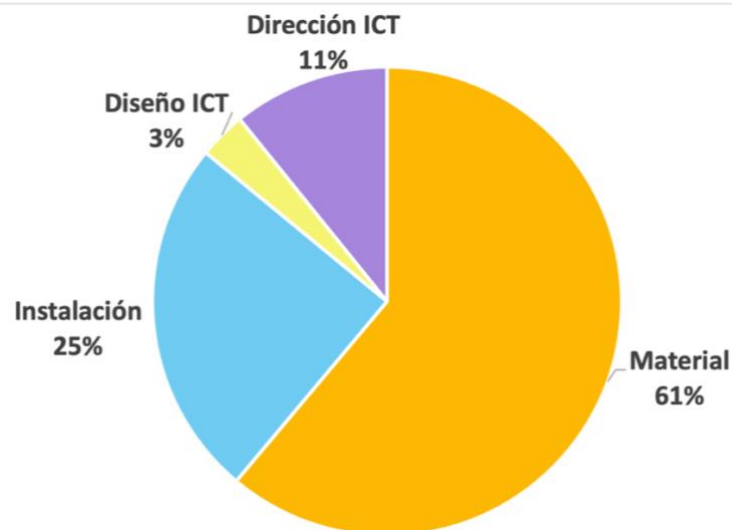


Ilustración 63: Representación Presupuesto

Desglosando un poco más el presupuesto, exactamente los bloques de material e instalación se han dividido entre los 5 apartados que se ha dividido esta memoria, es decir: RTV, trenzado, coaxial, fibra óptica e infraestructura. A continuación, se desglosa con más detalle estos dos bloques:

MATERIAL	RTV	9.886,52€	INSTALACIÓN	RTV	7.500€
	Trenzados	7.858,42€		Trenzados	2.880€
	Coaxial	5.297,70€		Coaxial	1.890€
	Fibra Óptica	12.270,90€		Fibra Óptica	2.130€
	Infraestructura	21.209,48€		Infraestructura	8.580€

Tabla 41: Presupuesto de material e instalación

Los porcentajes que representan cada uno de los apartados en los que se ha dividido el bloque de material se pueden ver a continuación. Como se puede apreciar Infraestructura se lleva gran parte del presupuesto, es entendible ya que es la que engloba todo el material necesario para que se puedan instalar cada una de las redes de la ICT.

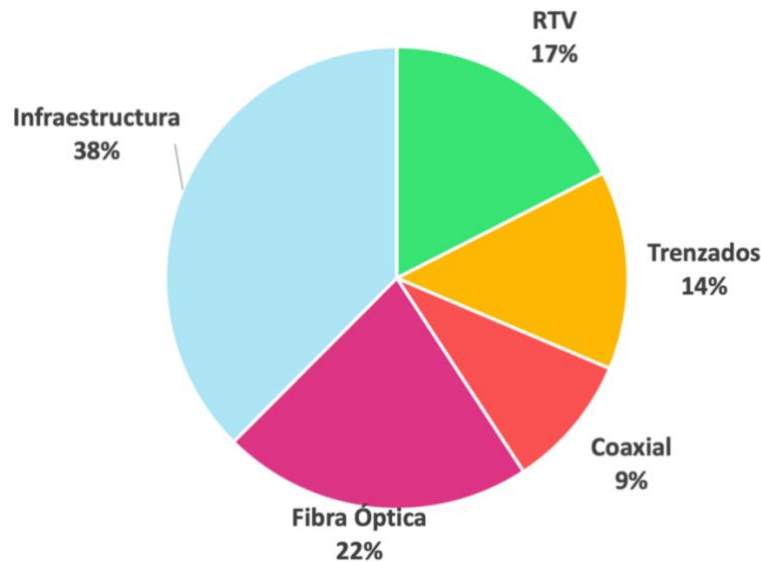


Ilustración 64: Representación Presupuesto: Material

Los porcentajes de instalación de cada servicio se representan en la siguiente ilustración.

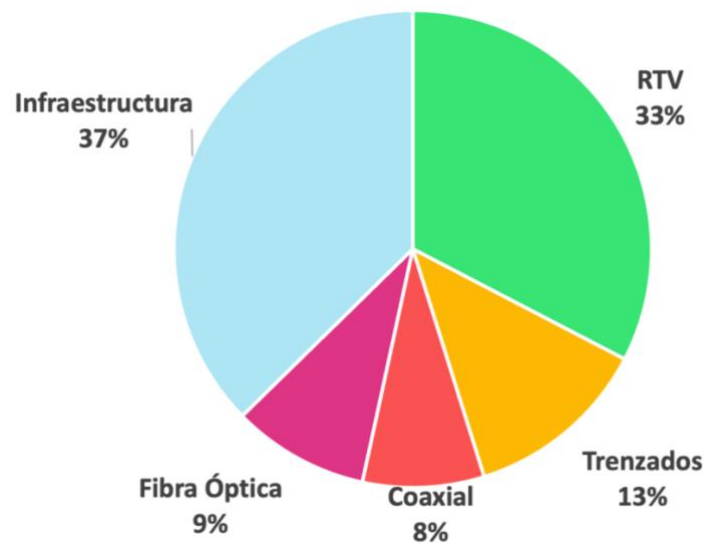


Ilustración 65: Representación Presupuesto: Instalación

Siguiendo la previsión gran parte se la vuelve a llevar Infraestructura. Por otro lado, el servicio de RTV también se lleva buena parte del presupuesto, ya que, a diferencia del resto de servicios, se tendrá también que instalar las cabeceras de captación. Que como se ha explicado en esta memoria, se ha decidido que se necesitarán 3 cabeceras independientes para cada bloque de la edificación. A continuación, se representan cuantas horas se han aproximado que se necesitarán para la instalación de cada uno de los servicios:

RTV	250 h
Trenzados	96 h
Coaxial	63 h
Fibra Óptica	71 h
Infraestructura	286 h

Tabla 42: Horas necesarias para la instalación de la ICT

Por último, se quiere mostrar el presupuesto total desde otro punto de vista. Se unen los bloques de material e instalación y se representa el coste total de estos dividido entre los diferentes servicios que la componen.

RTV	17.386,52€
Trenzados	10.739,42€
Coaxial	7.177,70€
Fibra Óptica	14.400,90€
Infraestructura	29.789,48€
Diseño ICT	3.000€€
Dirección ICT	10.000€

Tabla 43: Presupuesto total

A continuación, se puede ver la representación que tiene cada uno de estos apartados sobre el presupuesto total:

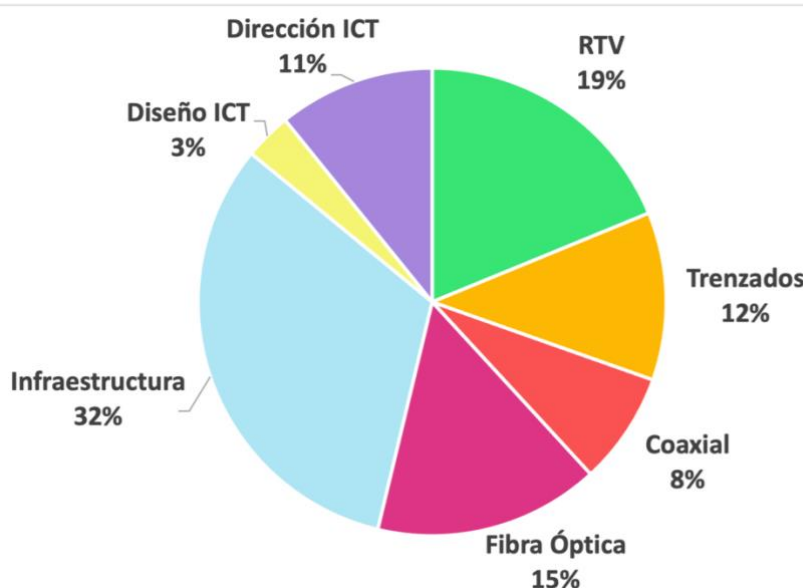


Ilustración 66: Representación Presupuesto total



Se puede concluir que el bloque de material junto con el de instalación son los dos grandes bloques que se llevan casi toda la parte del presupuesto. Y más concretamente los servicios que necesitan más recursos son RTV e infraestructura. Todo esto es previsible, por una parte, porque para RTV se ha realizado una red independiente para cada bloque, e infraestructura debe de cubrir todo lo necesario para poder instalar cada una de las redes. A todo esto, hay que añadir que se trata de una edificación donde uno de los enemigos para la realización de esta ICT han sido las dimensiones, tanto de la edificación y las distancias entre bloques y alturas como las distancias dentro de las viviendas. Son viviendas muy grandes, con muchas estancias y además hay viviendas dúplex.

9 CONCLUSIONES

El objetivo principal de este proyecto académico es presentar el diseño de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones aplicando todos los conocimientos adquiridos durante la etapa universitaria y siguiendo la normativa establecida en esta área. En concreto, este proyecto se ha realizado para una edificación un poco particular debido a sus dimensiones. Al tratarse de una edificación desarrollada dentro del ámbito académico por una estudiante de arquitectura, se trata de una edificación lujosa, con viviendas muy grandes, formada por bloques de varias alturas y varios tipos de viviendas, incluyendo viviendas dúplex.

Todo esto ha sido un desafío para la hora del diseño de la ICT, que al mismo tiempo hace que sea un proyecto particular y por tanto un muy bien ejercicio para finalizar esta etapa universitaria.

Uno de los puntos clave que debe de seguirse para la realización de este proyecto es crear un diseño que obedezca los requisitos que establece la normativa, así como introducir los nuevos cambios establecidos por la misma.

Esta memoria del proyecto se ha querido estructurar de la forma más dinámica posible y de forma que se entendiese exactamente que pasitos se han tomado hasta llegar al diseño final.

Algunas de las conclusiones y líneas futuras de este proyecto son:

- Introducción en una de las profesiones a las que podría dedicarse un graduado de Telecomunicaciones. Y, por tanto, conocer todos los pasos que hay que realizar para el diseño de una ICT y entender todas las características que debe de tener.
- Crear un diseño real que podría establecerse en un edificio, si algún día llegase a construirse.
- Aprendizaje de una de las herramientas de diseño más usadas en el ámbito laboral: AutoCAD.
- Al tratarse de un diseño creado por una estudiante, ha sido realmente un trabajo cooperativo hacía ambos lados. Por una parte, ella aprendió algunas de las modificaciones necesarias en el diseño de la edificación, ya que inicialmente no se había tenido en cuenta algunos de los requisitos que se necesitan para instalar una ICT, como es diseñar un espacio para el RITS, RITI o Registros Secundarios. Y para mi ha sido enriquecedor y de gran ayuda el poder entender mejor algunos conceptos de arquitectura como son falso techo, cubierta, bajo cubierta, etc. y de esta forma poder comprender mejor como se realizará el cableado. Se podría decir que ambas nos hemos tenido que enfrentar a problemas reales que se tendrían en el diseño de una ICT.
- Uno de los puntos más críticos del diseño de la ICT, fue la elección de como se realizaría el diseño para el servicio de RTV. A pesar de que la solución es costosa, se ha conseguido tener una red robusta, evitando el uso de amplificadores y que por tanto será duradera y no creará problemas.
- La red de cable coaxial, al decidir que su distribución sería creando diferentes ramas, se ha conseguido un diseño, efectivo, barato y además sencillo. Esto implica una mejora para el diseño de las canalizaciones ya que se necesitará poco espacio. Además, se han destinado 3 tomas para cada vivienda, es decir se ha conseguido un diseño que puede soportar una toma más de lo que viene establecido como parámetro mínimo en la normativa.
- Para fibra óptica y trenzados sus diseños son robustos, además esta dotado de un sobredimensionamiento de cables de reserva por si en un futuro fueran necesarios o si se creasen nuevas aplicaciones.

Por tanto, al final se ha conseguido un diseño robusto y que es capaz de cumplir con la normativa establecida.

10 BIBLIOGRAFÍA

1. Sewan. Evolución de las Telecomunicaciones. *Sewan*. [En línea] <https://www.sewan.es/evolucion-de-las-telecomunicaciones/>.
2. Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. Digitalización e Inteligencia Artificial - Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales. *Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital*. [En línea] <https://avancedigital.mineco.gob.es/es-es/Paginas/index.aspx>.
3. Televes. Reglamento ICT2. Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones. *Televes*. [En línea] https://docs.televes.com/web/Legislacion/m_ict2_3ed_reglamento_0.pdf.
4. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Real Decreto 346/2011. *Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado*. [En línea] 1 de 4 de 2011. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-5834>.
5. Ampliantena. PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA IMPLANTACIÓN DE UNA ICT. *Ampliantena Blog*. [En línea] <https://www.ampliantena.com/blog/procedimiento-a-seguir-para-la-implantacion-de-una-ict/>.
6. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Orden ITC/1644/2011. *Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado*. [En línea] 16 de 06 de 2011. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-10457>.
7. Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital . *Procedimientos a seguir para la implantación de una ICT*.
8. Periodismo Radio y TV CEU. Historia Radio y Televisión. 2016.
9. Historia y Biografía. Historia de la Televisión. *Historia y Biografía*. [En línea] 17 de 03 de 2017. <https://historia-biografia.com/historia-de-la-television/>.
10. Wikipedia. Televisión. *Wikipedia*. [En línea] <https://es.wikipedia.org/wiki/Televisión>.
11. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. *Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado*. [En línea] <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-5834>.
12. Televes. Antena de FM. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/1201-antena-de-fm.html>.
13. —. Antena de DAB (BIII). *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/g-009-antena-de-dab-biii.html>.
14. —. Antena DAT BOSS. *Televes*. [En línea] https://www.televes.com/es/catalog/product/view/id/1881/s/G_002-Antena%20DAT%20BOSS/.
15. —. Parábola de aluminio QSD75. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/g-063-parabola-de-aluminio-qsd75.html>.
16. —. Parábola de aluminio 1300. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/757401-parabola-de-aluminio-1300.html>.
17. —. Montaje de vientos para mástil Ø45mm. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/4361-montaje-de-vientos-para-mastil-o45mm.html>.
18. —. Mástil 3m x Ø 45mm x Espesor 2mm. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/3010-mastil-3m-x-o-45mm-x-espesor-2mm.html>.
19. —. Amplificador monocanal selectivo T12. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/509812-amplificador-monocanal-selectivo-t12.html>.
20. —. Amplificador monocanal T12. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/508212-amplificador-monocanal-t12.html>.

21. —. Amplificador T12. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/508012-amplificador-t12.html>.
22. —. Mezclador de señal terrestre y 2 satélites. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/740710-mezclador-de-se-al-terrestre-y-2-satelites.html>.
23. —. Cable coaxial de enterrar TR-165, 11RtC. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/214911-cable-coaxial-de-enterrar-tr-165-11rtc.html>.
24. —. Derivador F 2D. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/5130-derivador-f-2d.html>.
25. —. Derivador F 2D. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/5132-derivador-f-2d.html>.
26. —. Derivador F 2D. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/5133-derivador-f-2d.html>.
27. —. Derivador F 2D. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/5134-derivador-f-2d.html>.
28. Tecatel. DERIVADOR SERIE SMART 5-2400 MHZ 1 SAL. 10 DB. *Tecatel*. [En línea] <https://www.tecatel.com/ficha/050303342.html>.
29. —. DERIVADOR SERIE SMART 5-2400 MHZ 1 SAL. 14 DB. *Tecatel*. [En línea] <https://www.tecatel.com/ficha/050303351.html>.
30. —. DERIVADOR SERIE SMART 5-2400 MHZ 1 SAL. 18 DB. *Tecatel*. [En línea] <https://www.tecatel.com/ficha/050303360.html>.
31. —. DERIVADOR SERIE SMART 5-2400 MHZ 1 SAL. 22 DB. *Tecatel*. [En línea] <https://www.tecatel.com/ficha/050303379.html>.
32. Televes. Repartidor con PAU, EasyF 8D. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/5433-repartidor-con-pau-easyf-8d.html>.
33. —. Repartidor con PAU, EasyF 6D. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/5430-repartidor-con-pau-easyf-6d.html>.
34. Alcad. DERIVADORES Y DISTRIBUIDORES-TOMAS Y PAU. *Alcad Electronics*. [En línea] <https://www.alcadelectronics.com/es/producto/toma-final-1db-catv-5-1000mhz-9070043>.
35. CLAUS, ELISABET. Historia del teléfono. *La Vanguardia*. 2019.
36. ECURED. Cable de par trenzado. *EcuRed*. [En línea] https://www.ecured.cu/Cable_de_par_trenzado.
37. Wikipedia. *Wikipedia*. [En línea] https://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_par_trenzado.
38. <http://www.etitudela.com>. [En línea] <http://www.etitudela.com/fpm/comind/downloads/redesdedatos0405subrayado.pdf>.
39. Televes. Cable de datos DK6000A U/FTP Cat 6A. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/21930x-cabledatos-dk6000a-cable-de-datos-dk6000a.html>.
40. www.tdtprofesional.com. www.tdtprofesional.com. [En línea] <https://www.tdtprofesional.com/blog/cable-categoria-6a/>.
41. Televes. Panel 19" para Rack RJ45. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/533151-panel-19-para-rack.html>.
42. —. Conector RJ45 hembra. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/209923-conector-rj45-hembra.html>.
43. Televes. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/21930x-cabledatos-dk6000a-cable-de-datos-dk6000a.html>.

44. Televes. Registro terminal de datos. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/209910-registro-terminal-de-datos.html>.
45. —. Multiplexor pasivo RJ45 Cat 6. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/546501-multiplexor-pasivo-rj45-cat-6.html>.
46. —. Cable de red de datos. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/20901xx-cablered-sftpcat6a-cable-de-red-de-datos.html>.
47. —. Conector RJ45 macho. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/209904-conector-rj45-macho.html>.
48. ALCAD. *ALCAD*. [En línea] <https://www.alcadelectronics.com/es/producto/base-de-toma-1-conector-rj45-cat6-9300063>.
49. ALCAD. *ALCAD*. [En línea] <https://www.alcadelectronics.com/es/producto/base-de-toma-2-conectores-rj45-cat6-9300064>.
50. GTD. 78 años de la patente del cable coaxial. *GTD*. [En línea] 15 de 12 de 2009. <https://www.gtd.es/es/blog/78-anos-de-la-patente-del-cable-coaxial>.
51. *Stevens point-minneapolis coaxial cable*. Electrical Engineering. 2, s.l. : IEEE, 1941, Vol. 60.
52. Televes. Cable coaxial T200plus, 15RtC. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/catalog/product/view/id/1082/s/213002-Cable%20coaxial%20T200plus,%2015RtC/>.
53. —. Cable coaxial CXT, 19AtC. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/212811-cable-coaxial-cxt-19atc.html>.
54. —. Conector de compresión "F" Cable de enterrar. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/4106-conector-de-compresion-f.html>.
55. —. Conector de compresión "F" Cables. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/4104-conector-de-compresion-f.html>.
56. —. Cable coaxial de enterrar TR-165, 11RtC. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/214911-cable-coaxial-de-enterrar-tr-165-11rtc.html>.
57. —. Cable coaxial CXT, 19AtC. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/212811-cable-coaxial-cxt-19atc.html>.
58. —. Derivador F 2D 5...1220MHz 8dB. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/456103-derivador-f-2d.html>.
59. —. Derivador F 2D 5...1220MHz 11dB. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/catalog/product/view/id/2186/s/456203-Derivador%20F%202D/category/384/>.
60. —. Derivador F 2D 5...1220MHz 14dB. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/456303-derivador-f-2d.html>.
61. —. Carga terminal 75 Ohm. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/g-187-carga-terminal-75-ohm.html>.
62. —. Repartidor F 2D. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/453003-repartidor-f-2d.html>.
63. —. Repartidor F 3D. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/453003-repartidor-f-2d.html>.
64. ONSICOM. Breve recorrido histórico de la fibra óptica. [En línea] 10 de Marzo de 2015. <https://www.onsicom.es/breve-recorrido-historico-de-la-fibra-optica>.
65. Velasco, JJ. Fibra óptica: la historia de sus orígenes. *Blogthinkbig*. [En línea] 18 de Junio de 2013.

66. Juliá, Samuel. Ventajas De La Fibra Óptica Sobre El Cable De Cobre. *GADAE*. [En línea] <https://www.gadae.com/blog/ventajas-de-la-fibra-optica-sobre-el-cable-de-cobre/>.
67. Televes. Bandeja 19" para Rack Para conectores SC. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/53315x-bandeja-19-para-rack.html>.
68. —. Conectores SC/APC. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/2329-conectores-sc-apc.html>.
69. —. Adaptador SC/APC - SC/APC. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/2332xx-adaptadoressc-apc-adaptador-sc-apc-sc-apc.html>.
70. —. Cable multifibra 24 fibras monomodo. *Televes*. [En línea]
71. —. Cable multifibra 16 fibras monomodo. *Televes*. [En línea]
72. —. Registro secundario compacto de fibra óptica. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/231301-registro-secundario-compacto-de-fibra-optica.html>.
73. —. PAU de fibra óptica preconectorizado. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/g-034-pau-de-fibra-optica-preconectorizado.html>.
74. —. Módulo Keystone. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/23323x-keystone-fo-modulo-keystone.html>.
75. —. Amplificador monocanal T12. *Televes*. [En línea] <https://www.televes.com/es/509912-amplificador-monocanal-t12.html>.
76. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. Boletín Oficial del Estado. [En línea] <https://www.boe.es/eli/es/o/2019/09/26/ece983>.
77. —. Boletín Oficial del Estado. [En línea] <https://www.boe.es/eli/es/o/2011/06/10/itc1644>.
78. —. Boletín Oficial del Estado. [En línea] <https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/03/11/346>.
79. —. Boletín Oficial del Estado. [En línea] <https://www.boe.es/eli/es/o/2006/04/06/itc1077>.
80. —. Boletín Oficial del Estado. [En línea] <https://www.boe.es/eli/es/rdl/1998/02/27/1>.
81. —. Boletín Oficial del Estado. [En línea] <https://www.boe.es/eli/es/l/1960/07/21/49/con>.